

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO
DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN
EDIFICACIONES**

Presentado por:
JULIO CESAR MUÑOZ AGUDELO
COD: 374072197
CONRAD MAURICIO CARDONA GARCÍA
COD: 374081663

UNIVERSIDAD LIBRE DE PEREIRA
SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA - RISARALDA
JULIO DE 2012

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y
TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO
REFORZADO EN EDIFICACIONES**

Presentado por:
JULIO CESAR MUÑOZ AGUDELO
COD: 374072197
CONRAD MAURICIO CARDONA GARCÍA
COD: 374081663

TESIS

Director de Investigación:
Ing. LEONARDO CANO SALDAÑA
MSC. Ingeniería Sísmica
PHD. Ingeniería Estructural

UNIVERSIDAD LIBRE DE PEREIRA
SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA - RISARALDA
JULIO DE 2012

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Director del trabajo de grado

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con compromiso y responsabilidad lo dedicamos a nuestros padres, que con su sabiduría y abnegación creyeron incondicionalmente en nuestros esfuerzos siendo el pilar fundamental para nuestros logros profesionales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos la inteligencia y despertar en nosotros la pasión y vocación por la ingeniería civil, a la Universidad Libre de Pereira por acogernos y a todas las personas que nos proporcionaron grandes enseñanzas para nuestra vida personal y profesional, permitiendo ser las personas que somos hoy.

Damos nuestros más sinceros agradecimientos al Ingeniero Civil Leonardo Cano Saldaña, Director de Tesis, por su excelente calidad humana y profesional, al compartir con nosotros todo su conocimiento y acompañamiento en este proyecto.

1 CONTENIDO

2	LISTA DE TABLAS.....	15
3	LISTA DE FIGURAS	16
4	LISTA DE ANEXOS.....	18
5	INTRODUCCIÓN.....	19
6	ALCANCES Y LIMITACIONES	20
6.1	EQUIPO DE TRABAJO	21
6.1.1	Asesor:	21
6.1.2	Tesistas:	21
7	JUSTIFICACIÓN	22
8	OBJETIVOS.....	24
8.1	OBJETIVO GENERAL	24
8.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
9	GENERALIDADES	25
9.1	ANTECEDENTES	25
9.2	DATOS CRONOLÓGICOS.....	27
10	ASPECTOS GENERALES.....	31
10.1	CONCRETO.....	31
10.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ($f'c$)	32
10.3	ACERO	34
10.3.1	Ductilidad del acero	36

10.4	SISTEMA ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO	37
10.4.1	SISTEMA A BASE DE PÓRTICOS	39
10.5	PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE UNA PATOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	40
10.5.1	Sismos	40
10.5.2	Proceso constructivo	41
10.5.3	Estado de los materiales.....	41
10.5.4	Entorno.....	41
10.5.5	Identificar adecuadamente las causas de las patologías.	42
10.5.6	Diagnóstico	42
10.6	NIVELES DE RIESGO.....	42
10.6.1	Nivel de riesgo bajo	42
10.6.2	Nivel de riesgo medio.....	42
10.6.3	Nivel de riesgo alto	43
11	CAUSAS FÍSICAS.....	44
11.1	GENERALIDADES.....	44
11.2	HUMEDADES.....	44
11.2.1	HUMEDADES DE OBRA.....	45
11.2.2	HUMEDAD CAPILAR	46
11.2.3	HUMEDAD DE FILTRACIÓN	47
11.2.4	HUMEDAD DE CONDENSACIÓN	48
11.2.5	HUMEDAD ACCIDENTAL.....	50
11.3	EROSIÓN	50
11.3.1	TIPOLOGÍA DE LAS EROSIONES	50
11.4	SUCIEDAD	51
11.4.1	Suciedad por depósito.....	52
11.4.2	Suciedad por lavado diferencial.....	53
12	CAUSAS MECÁNICAS.....	54
12.1	DEFORMACIONES.....	54
12.1.1	FLECHAS	55
12.1.2	PANDEOS	55
12.1.3	DESPLOMES	56
12.1.4	TORSIÓN	56
12.2	GRIETAS	57
12.2.1	Por exceso de carga.....	58

12.2.2	Por dilataciones o contracciones	58
12.2.3	Fisuras	58
13	CAUSAS QUÍMICAS	59
13.1	EFLORESCENCIA.....	59
13.1.1	Temporales	60
13.1.2	Permanentes	60
13.1.3	ORÍGENES DE LAS SALES QUE CAUSAN LAS EFLORESCENCIA.....	61
13.1.4	Generalidades.....	61
13.2	OXIDACIÓN	61
13.3	CORROSIÓN	62
13.4	CARBONATACIÓN:.....	63
13.5	REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO	63
13.6	SULFATACIÓN.....	64
13.7	LIXIVIACIÓN	64
14	GUÍA METODOLÓGICA.....	66
14.1	PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES	66
14.1.1	DEFINICIÓN PATOLOGÍA ESTRUCTURAL	66
15	IDENTIFICACIÓN	69
15.1	Metodología general para realizar un estudio patológico a una estructura de concreto reforzado.....	69
15.1.1	Verificación de las medidas de levantamiento estructural.....	69
15.1.2	Lavado o limpieza de la zona de inspección	69
16	ANÁLISIS	70
16.1	FORMATO EQUIPOS USADOS	70
16.2	FORMATO INICIAL	73
16.3	INSTRUCCIONES FORMATO INICIAL	74
16.3.1	Información Consultor	74
16.3.2	Información Propietario	74

16.3.3	Información general de la edificación	74
16.4	AUSCULTACIÓN VISUAL DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO.....	78
16.4.1	GENERALIDADES	78
16.5	CUADRO DE REFERENCIA DE CONVENCIONES DE DAÑOS	79
16.6	FORMATO AUSCULTACIÓN VISUAL.....	80
16.7	INSTRUCCIONES FORMATO DE AUSCULTACIÓN VISUAL.	81
16.7.1	Información del consultor	81
16.7.2	Información del propietario	81
16.7.3	Elemento a estudiar	81
16.7.4	Levantamiento gráfico.....	81
16.7.5	Características	82
16.7.6	PROBLEMAS Y ERRORES	82
16.8	AUSCULTACIÓN DE SEGUNDO ORDEN DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO	83
16.8.1	GENERALIDADES	83
16.9	DETERMINACIÓN DEL REFUERZO QUE POSEE EL ELEMENTO DE CONCRETO	83
16.10	ENSAYO FERROSCAN	84
16.11	FORMATO ENSAYO FERROSCAN	87
16.12	INSTRUCCIONES FORMATO FERROSCAN	88
16.12.1	Información del consultor	88
16.12.2	Información del propietario	88
16.12.3	Elemento a estudiar	88
16.12.4	Levantamiento escaneo n° ____:	88
16.13	PLANTILLA DE REGATE FERROSCAN. Anexo No. 6	89
16.14	FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE ENSAYO DE FERROSCAN	90
16.15	INSTRUCCIONES FORMATO DE DESCRIPCIÓN ENSAYO FERROSCAN.	91
16.15.1	Ensayo escaneo n° ____:	91
16.15.2	Cuadrante	91
16.15.3	Cantidad	91
16.15.4	Espesor o diámetro	91
16.15.5	Observaciones	91
16.15.6	PROBLEMAS Y ERRORES	91
16.16	ENSAYO ESCLERÓMETRO.....	93

16.16.1	GENERALIDADES	93
16.17	FORMATO ESCLERÓMETRO.....	97
16.18	INSTRUCCIONES FORMATO ESCLERÓMETRO	98
16.18.1	Información consultor	98
16.18.2	Información propietario	98
16.18.3	Elemento a estudiar	98
16.18.4	PROBLEMAS Y ERRORES	98
16.19	DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN DEL CONCRETO.....	99
16.19.1	GENERALIDADES	99
16.20	FORMATO DETERMINACIÓN DE CARBONATACIÓN.....	101
16.21	INSTRUCCIONES FORMATO DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN	102
16.21.1	Información del consultor	102
16.21.2	Información del propietario	102
16.21.3	Elemento a estudiar	102
16.21.4	Equipo usado.....	102
16.21.5	Herramienta usada	102
16.21.6	Descripción de la prueba de carbonatación	103
16.21.7	PROBLEMAS Y ERRORES	103
16.22	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO .	104
16.22.1	GENERALIDADES	104
16.23	EXTRACCION DE NÚCLEOS	105
16.24	FORMATO EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS.	107
16.25	INSTRUCCIONES FORMATO EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS.....	108
16.25.1	Información del consultor	108
16.25.2	Información del propietario	108
16.25.3	Elemento a estudiar	108
16.25.4	Equipo usado.....	108
16.25.5	Herramienta usada	108
16.25.6	Descripción de la prueba de extracción	109
16.26	GRIETAS Y FISURAS	110
16.26.1	GENERALIDADES	110
16.27	PRINCIPALES CAUSAS PARA LA APARICIÓN DE GRIETAS Y FISURAS:	115
16.27.1	De acuerdo a su tamaño las fisuras y grietas se clasifican en:	115
16.28	CLASES DE GRIETAS Y FISURAS.....	116

16.28.1	- Fisuras por asentamiento plástico	116
16.28.2	- Fisura por corrosión del acero de refuerzo.....	116
16.28.3	- Fisura por retracción térmica	116
16.28.4	- Fisura por Contracción térmica temprana	117
16.28.5	- Fisura por retracción de secado a largo plazo	117
16.28.6	- Fisura superficial con forma de mapa: (Afogarado)	117
16.29	- FISURAS POR ACCIONES MECÁNICAS	117
16.29.1	- Por Flexión	117
16.29.2	- Por Tensión	118
16.29.3	- Por Compresión	118
16.29.4	- Por Torsión	119
16.29.5	- Por Cortante.....	120
16.30	FACTORES DE RIESGO QUE PUEDEN PRODUCIR UNA PATOLOGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.	122
17	TRATAMIENTOS.	123
17.1	GENERALIDADES.....	123
17.1.1	Pinturas hidrofugantes	124
17.1.2	Pinturas impermeabilizantes	124
17.2	SANEADO SOBRE SUPERFICES EN LAS CUALES SE EVIDENCIA EL ACERO DE REFUERZO	125
17.2.1	Paso 1.....	125
17.2.2	Paso 2.....	125
17.2.3	Paso 3.....	126
17.2.4	PASO 4.	127
17.2.5	Paso 5.....	127
17.3	SANEADO SOBRE SUPERFICES EN LAS CUALES NO SE EVIDENCIA EL ACERO DE REFUERZO	128
17.3.1	Paso 1.....	128
17.3.2	Paso 2.....	129
17.3.3	Paso 3.....	129
17.3.4	Paso 4.....	130
17.4	LLENADO DE FISURAS POR MEDIO DE INYECCIÓN DE EPÓXICO	130
17.4.1	Paso 1.....	130
17.4.2	Paso 2.....	131
18	CONCLUSIONES.	132

19	BIBLIOGRAFÍA.....	133
20	ANEXOS.....	136

2 LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones Nominales de las Barras de Refuerzo.....	37
---	----

3 LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración Coliseo Romano.....	27
Figura 2. Faro de Smeaton en Inglaterra.	28
Figura 3. Ilustración Casa de la Cascada.....	29
Figura 4. Canal de Panamá.....	29
Figura 5. Vaciado del Concreto.....	31
Figura 6. Resistencia a la Compresión en el Concreto.....	32
Figura 7. Producción de acero a partir de la aleación de hierro y carbón vegetal.	34
Figura 8. Esfuerzo Vs Deformación en el Acero.....	36
Figura 9. Hipótesis básicas de diseño de elementos de concreto reforzado.	38
Figura 10. Sistema a base de Pórticos.	39
Figura 11. Ilustración lectura sismógrafo.	40
Figura 12. Proceso constructivo losa en concreto.....	41
Figura 13. Ilustración de humedad en techo.	45
Figura 14. Ilustración Humedad de Obra.....	46
Figura 15. Ilustración Humedad Capilar.	46
Figura 16. Ilustración Humedad por Capilaridad.	47
Figura 17. Humedad de Filtración.....	47
Figura 18. Ilustración Humedad de Condensación.....	48
Figura 19. Condensación Superficial.	48
Figura 20. Condensación Intersticial.	49
Figura 21. Condensación Higroscópica.....	49
Figura 22. Humedad generada por daño en la tubería.....	50
Figura 23. Suciedad en Fachada.....	51
Figura 24. Suciedad en Fachada por depósito.....	52
Figura 25. Suciedad por lavado Diferencial.....	53
Figura 26. Ensayo de deformación de vigas.....	54
Figura 27. Flecha en Vigas.....	55
Figura 28. Carga crítica de pandeo.	55
Figura 29. Ilustración de desplomes.	56
Figura 30. Torsión en Columna.	57
Figura 31. Grietas en Concreto.....	57
Figura 32. Fisurómetro.	58
Figura 33. Eflorescencia.	59
Figura 34. Oxidación del acero de refuerzo.	62
Figura 35. Corrosión del acero de refuerzo.....	62
Figura 36. Falla álcali- agregado.....	64
Figura 37. Lavado con chorro de Agua.....	69
Figura 40 Losas Macizas.	75
Figura 41 Sistema de Losa Aligerada	76

Figura 42. Ferroskan Hilti RV 10.	84
Figura 43. Resultados de Prueba de Ferroskan.	85
Figura 44. Lecturas del Esclerómetro.	95
Figura 45. Esclerómetro Digital.	96
Figura 46. Esclerómetro Manual.	96
Figura 47. Prueba de Fenolftaleína en núcleo de concreto.	100
Figura 48. Prueba en falla de Columna.	100
Figura 49. Extracción de Núcleo en Viga y Columna.	105
Figura 50. Máquinas para extracción de Núcleo.	105
Figura 51. Grietas por Asentamiento Puntual.	110
Figura 52. Grietas por Asentamiento Puntual Central.	110
Figura 53. Grietas por asentamiento Distribuido.	111
Figura 54. Grietas por Asentamiento Distribuido Central.	111
Figura 55. Grietas pos Asentamiento Uniforme.	112
Figura 56. Grieta por carga Puntual.	112
Figura 57. Grieta por carga puntual en Vigas (Falla por Flexión).	113
Figura 58. Grietas Por carga puntual en Vigas (Falla por Cortante).	113
Figura 59. Falla por flexión.	117
Figura 60. Falla por tracción.	118
Figura 61. Ensayo de Compresión en Cilindro de Concreto.	119
Figura 62. Torsión en Columna, causada por irregularidad en planta.	119
Figura 63. Falla por Cortante en nudo y en columna.	120
Figura 64. Ilustración daño en nudo de columna.	121
Figura 65. Paso 1. Retiro de fragmentos para ver el acero refuerzo estructural.	125
Figura 66. Paso 2. Limpieza del acero de refuerzo estructural.	126
Figura 67. Paso 3. Saneado refuerzo acero con productos epóxicos.	126
Figura 68. Paso 4. Recalce sobre el acero de refuerzo.	127
Figura 69. Paso 5. Aplicación de recubrimiento.	128
Figura 70. Paso 1. Retiro de fragmentos carbonatados.	128
Figura 71. Aplicación de inhibidor de corrosión.	129
Figura 72. Paso 3. Nivelación de superficie tratada.	129
Figura 73. Paso 4. Saneado Mortero.	130
Figura 74. Paso 1. LLenado de Fisuras.	131
Figura 75. Paso 2. Llenado de Fisuras.	131

4 LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de Equipos Usados.....	70
Anexo 2. Formato Inicial.	73
Anexo 3. Cuadro de Referencia de Convención de daños.....	79
Anexo 4. Formato Auscultación Visual.....	80
Anexo 5. Ensayo Ferroskan.....	87
Anexo 6. Plantilla de Regate Ferroskan	89
Anexo 7. Descripción ensayo ferroskan	90
Anexo 8. Esclerómetro.	97
Anexo 9. Determinación de la carbonatación.....	101
Anexo 10. Formato Extracción de Núcleo.	107

5 INTRODUCCIÓN

A medida que la ciudad va experimentando cambios sustanciales que implican una modernización y actualización de todas las edificaciones comprendidas en el área metropolitana, surgen nuevas necesidades de conocer y valorar de forma adecuada las condiciones de las infraestructuras actuales.

Cuando se hace intervención sobre cualquier tipo de estructura, dentro de su sistema estructural primario conformado por concreto reforzado, se les debe hacer un riguroso análisis patológico en el cual se describan de forma detallada los posibles elementos que tengan o muestren fallas, ya sea por agentes externos o internos que determinarán el tipo de intervención a realizar o si es necesario cambiar completamente el elemento.

Las fallas que sufren los elementos pueden ser producidas por desgaste de la estructura, por falta de mantenimiento, por infiltración en fisuras o por exposiciones a agentes del ambiente, entre otros.

Muchas de las fallas que se encuentran en el concreto reforzado son por infiltración de partículas de aire y agua en el acero de refuerzo, produciendo oxidación interna y alterando la homogeneidad del concreto reforzado, disminuyendo la capacidad de resistir la compresión y la tensión, haciendo que el concreto se agriete. Además, cuando el concreto está en contacto con la humedad se producen hongos, filtrándose y produciendo la oxidación.

Todas las fallas tienen ciertas características, como el tipo de fisura, los ángulos de inclinación de las fisuras, la ubicación de las fisuras en los elementos; estas deben estar en un margen de riesgo para determinar cuáles son más peligrosas que otras y cuales pueden generar el colapso de la estructura. Para cuantificar y calificar el estado de las estructuras no existen guías metodológicas, únicamente procesos de estudio para identificar algunas patologías, no una metodología investigativa manejada en su totalidad, que utilicen pruebas de laboratorio en las estructuras, para así definir cuál tipo de intervención se debe hacer en dicha estructura.

Con este trabajo se pretende hacer una contribución al vacío metodológico que actualmente existe en la identificación, análisis y tratamientos de patologías en estructuras de concreto reforzado.

6 ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente proyecto presenta las siguientes limitaciones que deberán ser consideradas para el correcto desarrollo del mismo:

- La falta de recursos bibliográficos por parte de la Universidad Libre, referente al tema de investigación, los cuales se trataron de subsanar mediante extensas consultas investigativas a través de medios electrónicos como internet y apoyos bibliográficos suministrados por especialistas en el tema.
- Falta de recurso financiero para desarrollar completamente un estudio de caso, en el cual se obtengan amplios resultados que permitan la construcción de suficiente información, que disminuya el grado de incertidumbre del estudio.

Ser conscientes de que el estudio patológico, no tiene el mismo alcance que se logra con un estudio de vulnerabilidad estructural, con el cual se obtiene información de las capacidades estructurales de la edificación, por medio de modelación y el cálculo matemático.

El correcto seguimiento de esta guía metodológica, permite generar herramientas de juicio suficientes al consultor, o profesionales de la construcción, para realizar el análisis y generar el diagnóstico de cualquier patología que pueda presentar una estructura de concreto reforzado, dando opciones de tratamientos y dejando elementos suficientes para que de esta manera posteriormente se ejecute un estudio de vulnerabilidad sísmica, que en este caso no hace parte de la presente investigación.

La presente guía es un elemento más de juicio, para intervenir una edificación, no es la única solución frente al diagnóstico que presente la misma.

6.1 EQUIPO DE TRABAJO

6.1.1 Asesor:

Ingeniero Leonardo Cano Saldaña
MSC. Ingeniería Sísmica
PHD. Ingeniería Estructural

6.1.2 Tesistas:

Julio Cesar Muñoz Agudelo	Estudiante Ingeniería Civil
Conrad Mauricio Cardona García	Estudiante Ingeniería Civil

7 JUSTIFICACIÓN

Debido al creciente desarrollo de la región en el aspecto constructivo y más específicamente el que tiene que ver con el entorno donde se desenvuelven los profesionales de la construcción, se ha visto la necesidad de intervenir y mejorar las estructuras civiles, las cuales son agentes claves para el desarrollo social y económico de la región.

En la ciudad de Pereira se ha logrado una adecuada planeación urbana, buscando el mejoramiento de todas las estructuras que se han desarrollado, igualmente, se indica la adecuada ubicación dentro de la ciudad, dependiendo del uso de la edificación, para el mejoramiento de la calidad de las construcciones nuevas o las existentes, según los intereses ya sean particulares o intereses por parte de las administraciones municipales.

El desconocimiento de los procedimientos a seguir, al enfrentarse a la identificación, análisis y tratamiento de una patología, puede generar un desarrollo inadecuado de toma de decisiones, haciendo que incluso, se propongan soluciones inadecuadas, que puedan atentar contra los usuarios, poniendo en riesgo la vida, la seguridad y el confort, alterando la función en la medida en que se disminuye la vida útil de la edificación, o se pueda entorpecer procesos y acrecentar costos económicos en la intervención de la estructura. Es necesario generar las herramientas e insumos necesarios para saber actuar en el momento de diagnosticar una patología, al igual que la toma de datos de manera ordenada y dirigida fijando parámetros y/o directrices que sirvan de guía para la identificación, análisis y tratamiento de una patología en estructuras de concreto reforzado.

Es indispensable a la hora de identificar, diagnosticar y tratar una patología, aplicar el marco legal vigente para el diseño de estructuras civiles, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR-10), de esta manera; se involucran múltiples factores y conceptos relacionados a las zonas de amenaza sísmica, en la cual se encuentra localizada la ciudad de Pereira.

Con el presente proyecto de investigación, se pretende realizar que un ejercicio práctico, se buscó dar solución a una problemática generalizada en el sector de la construcción de la ciudad de Pereira, el principal aporte, es una guía metodológica para la identificación, análisis y tratamiento de patologías en estructuras de concreto reforzado en edificaciones.

La presente investigación es de amplia utilidad tanto para:

- Actores institucionales: como las administraciones municipales, los entes de control de planeación.
- Actores comunitarios: juntas de acción comunal, para el desarrollo de proyectos de interés comunal.
- Actores privados: como cualquier profesional cuya actividad económica es afín a la construcción.

8 OBJETIVOS

8.1 OBJETIVO GENERAL

Formular una guía metodológica para la identificación, análisis y tratamiento de patologías en estructuras de concreto reforzado en edificaciones.

8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar, revisar e identificar bibliográficamente elementos investigativos relacionados a patologías estructurales.
- Diagnosticar y caracterizar las diferentes patologías en estructuras en concreto reforzado en edificaciones.
- Determinar los principales factores de riesgos que pueden producir una patología en estructuras de concreto reforzado.
- Formular de manera proximal, una guía metodológica para la identificación, análisis y tratamiento de patologías en estructuras de concreto reforzado afectadas por daño físico causado por sismo en edificaciones.

9 GENERALIDADES

9.1 ANTECEDENTES

Se revisaron las bases de datos existentes en fuentes secundarias y se encontraron los siguientes estudios.

ACI 364.1 R-94.

Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation.

ACI (Instituto Americano de Concreto), Importante instituto que se encarga de estudiar y parametrizar los procesos referentes al uso del concreto estructural, en este documento, ACI 364.1 R-94, se establece una metodología para realizar estudios para la evaluación de estructuras de concreto, se dan los parámetros para realizar la documentación, los análisis y realizar la documentación para la presentación de los informes.

CONSORCIO TRONCAL CARRERA 7 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAS ESTUDIOS Y DISEÑOS TRONCAL CARRERA 7 REV. 1 — MARZO 6, 2007.

Estudio realizado en la ciudad de Bogotá, por el consorcio Troncal Carrera 7, contratado por el IDU, para realizar estudios de patologías estructurales para la troncal de Transmilenio sobre la carrera 7. Se celebra por contrato No, 25/2006.

Este estudio se realiza con base en la metodología establecida por. "Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado previa a su Rehabilitación, ACI 364.1 R94".

Se desarrollan estudios para las diferentes estructuras de puentes, y se establecen las recomendaciones adecuadas para la rehabilitación de los mismos.

INSTITUTO DEL CONCRETO ASOCRETO.

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS ESTRUCTURAS EN CONCRETO.

Ing. HAROLD ALBERTO MUÑOZ M.

Bogotá D.C., Noviembre de 2001.

Se establecen inquietudes referentes a la necesidad de consolidar una metodología precisa para el diagnóstico de patologías en estructuras de concreto, a la par, se establecen algunas directrices sólidas para la documentación de las mismas, como lo puede ser: Correcto manejo de registro fotográfico, metodología para levantamiento de grietas y fisuras, algunos formatos para referenciar y documentar la información correspondiente a las edificaciones objeto de estudio.

**PROPUESTA DE RECUPERACIÓN ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO
JOSÉ JOHN GÁLVEZ MEJIA.**

Trabajo final presentado como requisito para optar al título de Especialista en Estructuras, opción Análisis y Diseño.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA -FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
MANIZALES - Febrero de 2002.**

El presente estudio, muestra un análisis riguroso para la recuperación de una edificación, en el mismo, se plantea todo un proceso de diseño y análisis matemático para determinar la intervención precisa a realizarse en la edificación, de igual manera, se plantean grandes inquietudes ante la necesidad de realizar a la mano de un estudio analítico de la estructura, un estudio económico de la intervención, el cual, ha de ser muy preciso y objetivo, considerando incluso la demolición de la edificación objeto de estudio.

Este documento, establece además, la necesidad imperativa de comparar los diseños iniciales con lo finalmente construido, con el fin de identificar en un primer momento, las diferencias presentes en esta comparación, y analizarlas, identificando posibles fallas, como bien lo puede llegar a ser: falta de rigidez, secciones inadecuadas, materiales inadecuados o el no cumplimiento de los detalles constructivos establecidos.

Manual para la reparación y reforzamiento de viviendas de albañilería confinada dañadas por sismos.

Tipología de daños en viviendas de albañilería identificadas en la zona afectada por el terremoto del 15 de agosto de 2007 – Lima –Perú.

Este manual presenta una guía precisa para obtener criterios de análisis y objetividad para diagnosticar y reparar viviendas dañadas por sismos. Se hace una presentación grafica de todos los daños causados en las diferentes edificaciones, y se presentan detalles constructivos y demás elementos de juicio, necesarios para dar correctos diagnósticos y proponer procesos constructivos para la reparación de los mismos.

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS PUENTES MUMBÚ –SANTA CECILIA RUTA 5002 Y SANTA CECILIA - PUEBLO RICO – APÍA - ASIA RUTA 5003, DEPARTAMENTOS DECHOCO, RISARALDA Y CALDAS.

NOVIEMBRE 10 DE 2009.

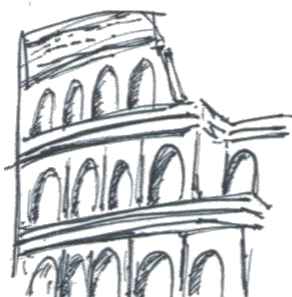
Propuesta Técnico Económica presentada por la Universidad del Quindío para la ejecución del estudio de patología, para determinar de manera confiable alternativas de intervención, ampliación y mejoramiento de los puentes. Dicha propuesta fue sometida a consideración ante el INVIAS y la interventoría y aprobada por estos en reunión efectuada en Julio de 2009.

9.2 DATOS CRONOLÓGICOS

El uso del concreto como material de construcción tuvo sus orígenes en el Antiguo Egipto, con el desarrollo del ladrillo a base del yeso calcinado (Yeso al cual se le ha eliminado parcialmente el agua). Posteriormente en la Antigua Grecia se dio una aplicación similar de la piedra caliza para las construcciones. Los romanos se distinguieron por utilizar ladrillos quebrados como agregado, en una masilla a base de cal con polvo de ladrillo o ceniza volcánica. Este conglomerado fue utilizado para la construcción de templos, acueductos, vías y demás edificaciones que hasta la fecha aún perduran. El concreto reforzado fue patentado en 1854, y el primer uso de este material en la construcción fue en 1864, por Guillermo Boutland Wilkinson, quien construyó una casa localizada en Newcastle-Sobre-Tyne, Reino Unido.

En la siguiente figura se ilustra una de las grandes obras de ingeniería Romanas, construidas a partir del desarrollo de conglomerados de piedra.

Figura 1. Ilustración Coliseo Romano.



Fuente: Grupo de Investigación.

- 1774: El ingeniero John Smeaton combinó cal viva con arena, arcilla, escoria de hierro machacada, en la construcción del faro de Smeaton en Inglaterra (Ver figura 2), única construcción hecha de concreto desde la Roma antigua.

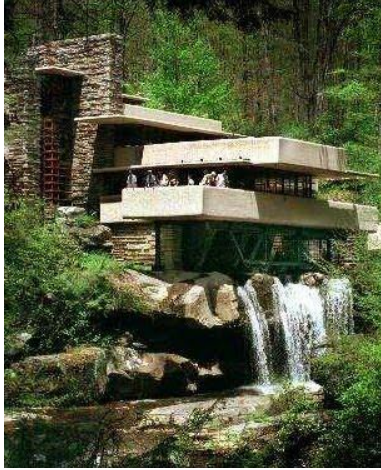
Figura 2. Faro de Smeaton en Inglaterra.



Fuente: <http://tectonicablog.com/?p=11894>

- 1875: Fue fundada la compañía Alemana Wayss y Freitag, empresa constructora en concreto armado.
- 1887: Se publica un libro de concreto reforzado, con la colaboración de A.G. Wayss.
- 1878: Se patentó en Estados Unidos el sistema de concreto reforzado, por: Thaddeus Hyatt
- 1893: Se construye el primer edificio en concreto reforzado, para Costa pacífica Bórax Company.
- 1902: Se diseñó y construyó el edificio de apartamentos en París, por parte de August Perret, para el mismo se utilizó el sistema trabado para el concreto reforzado.
- 1905: El Arq. Frank Lloyd Wright diseña el Templo de la Unión en Oak Park, Illinois. La principal característica del mismo fue, la disposición de las cuatro fachadas iguales, con el cual, el proceso constructivo se vio beneficiado por la facilidad del encofrado. El Arq. Frank Lloyd Wright manifestó la posibilidad de utilizar el concreto reforzado de múltiples maneras como: losas, vigas ocultas, cubiertas e incluso como bloques para formas decorativas.

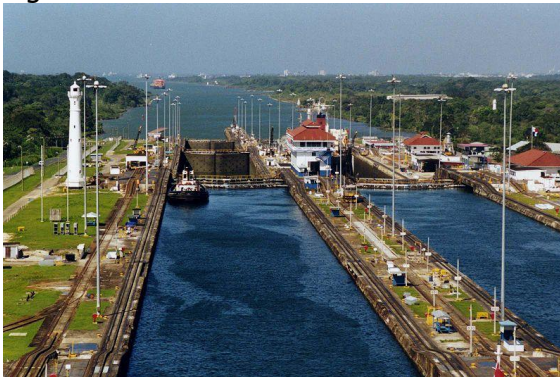
Figura 3. Ilustración Casa de la Cascada.



Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_945XKA76GHw/S8gcWq95TJI/AAAAAAAAAGo/_F5V6WGoZmE/s1600/casa_de_la_cascada.jpg

- 1908: Thomas Alva Edison, construye en Union. Nueva Jersey, 11 hogares y fue el primero en construir una milla en concreto en New Jersey.
- 1914: Se abre al público el canal de Panamá, después de 30 años de construcción, esta gran obra de ingeniería, tuvo como protagonista el concreto reforzado con paredes de hasta 18 mts.

Figura 4. Canal de Panamá.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Panama_Canal_Gatun_Locks.jpg

Solo hasta 1971 se adopta el termino de concreto reforzado, después de conocerse el tratado de Blume, Newmark y Corning, basados en investigaciones experimentales, publican los principios de diseño sismo resistente de estructuras en concreto reforzado. Estos principios fueron plasmados en el documento ACI 318 en la versión del mismo año.

10 ASPECTOS GENERALES

10.1 CONCRETO

Se refiere a la mezcla hidráulica de agregados pétreos (gruesos y finos), con materiales cementantes (cemento). Sus primeros usos se dieron en el bajo Egipto, al combinar elementos pétreos como (rocas, arenas y areniscas), con elementos cementantes, como cales, calcitas, y elementos hidratantes como el agua.

El concreto tiene la característica que en su estado fresco adopta la forma del molde que lo contenga. Debido a esto, se presta para conformar todo tipo de formas estructurales.

Figura 5. Vaciado del Concreto.



Fuente: <http://www.acrosscomercial.com/premezcladora.html>

El concreto simple es un material excelente para resistir esfuerzos de compresión, pero tiene muy baja capacidad para resistir esfuerzos de tensión o flexión. Para suplir la deficiencia del trabajo de resistencia a tensión o flexión, agregamos acero de refuerzo al concreto. Esto se conoce como concreto reforzado.

10.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ($f'c$)

*"Resistencia especificada a la compresión del concreto ($f'c$) (Specified compressive strength of concrete) — Resistencia a la compresión del concreto empleada en el diseño y evaluada de acuerdo con las consideraciones del Capítulo 5, expresada en mega pascales (MPa). Cuando la cantidad $f'c$ esté bajo un signo radical, se quiere indicar sólo la raíz cuadrada del valor numérico, por lo que el resultado está en Mega pascales (MPa)."*⁴

$F'c$ = resistencia especificada a la compresión del concreto, MPa.²

La resistencia a la compresión se determina mediante la prueba de compresión simple aplicada sobre cilindros normalizados (ASTM). La prueba se ejecuta a los 7, 14 y 28 días de edad.

A continuación se indican las Normas Técnicas Colombianas que normalizan las pruebas para los ensayos a compresión del concreto:

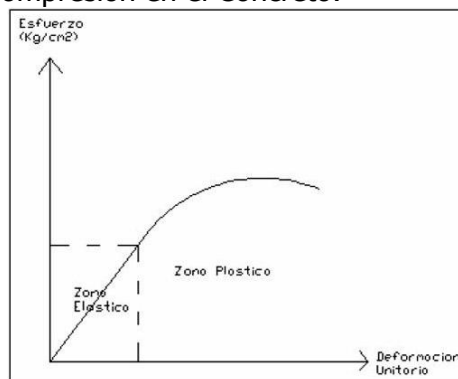
"NTC 504 – Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto. (ASTM C617)

NTC 673 – Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto. (ASTM C39)

NTC 722 – Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto. (ASTM C496)

*NTC 1377 – Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayo laboratorio. (ASTM C192)"*³

Figura 6. Resistencia a la Compresión en el Concreto.



Fuente: <http://www.360gradosblog.com/post/2011/09/19/c2bfQue-es-el-modulo-de-elasticidad-en-el-concreto.aspx>

¹ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, CAPITULO C.

²ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, Capítulos C.4, C.5, C.8-12, C.14, C.18, C.19, C.21, C.22, Apéndices C-A-D.

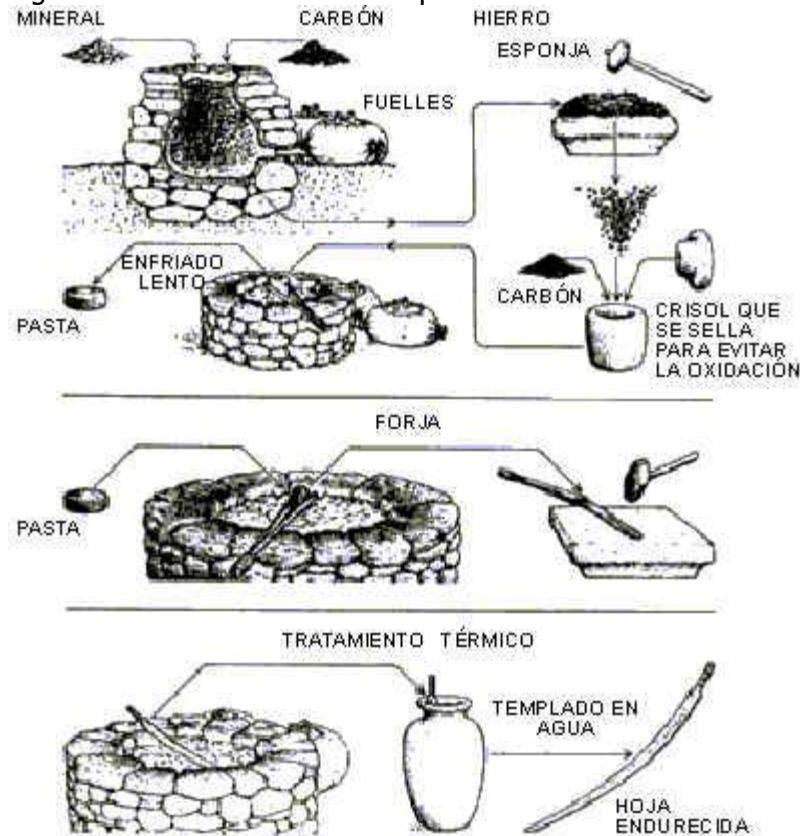
³ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, CAPITULO C.

El concreto es un material cuyo comportamiento no es lineal en el rango de deformaciones, sin embargo para efectos de simplificación de cálculos, se acepta una linealidad de hasta 45% de f'_c .

10.3 ACERO

Es una aleación de hierro con un porcentaje de carbono que oscila entre el .005 y el 1,7%, esto con el fin de darle alta resistencia y flexibilidad. Esta aleación se produce a altas temperaturas que pueden estar entre 1400°C a 1500°C, de esa forma se eliminan las impurezas que tiene el hierro como son el azufre y el fósforo. A continuación se ilustra la fabricación de acero con hierro forjado y carbón vegetal, práctica común en la antigüedad.

Figura 7. Producción de acero a partir de la aleación de hierro y carbón vegetal.



Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/wp-content/uploads/2010/05/1274801466-acero-damasco.jpeg>

El acero de refuerzo aparece en 1856 cuando se realizó la primera aleación en un gran horno llamado el convertidor Bessemer. En la actualidad los sistemas constructivos han requerido una mayor demanda de aceros de alta resistencia, estos se pueden encontrar en diversas presentaciones, aceros de refuerzo y aceros estructurales.

"La actual producción de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se

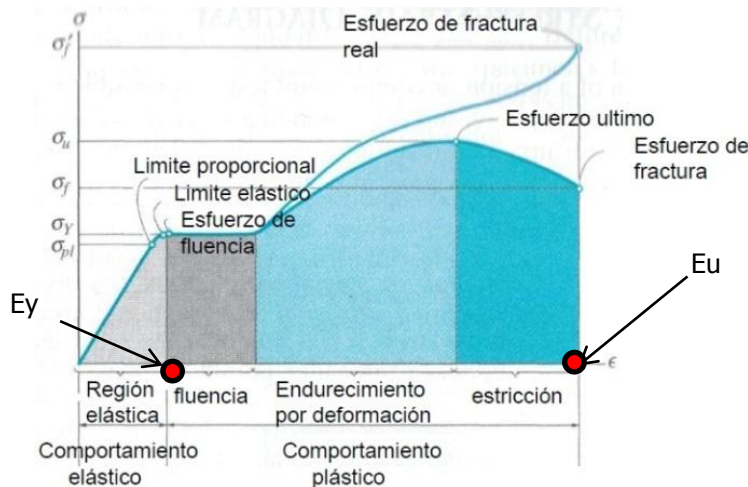
*debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios mini hornos que emplean electricidad para producir acero a partir de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales **para producir acero a partir de mineral de hierro.**"⁴*

⁴<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/12/02/historia-del-acero/>

10.3.1 Ductilidad del acero

La ductilidad se puede observar en la siguiente gráfica de esfuerzo contra la deformación.

Figura 8. Esfuerzo Vs Deformación en el Acero.



Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/files/2010/10/Diagramas-esfuerzo-deformaci%C3%B3n-unitaria-convencional-y-real-para-un-material-d%C3%BActil-acero-no-de-escala.jpg>

La Ductilidad está dada por la ecuación ($\Delta = E_u/E_y$)

Los aceros manejan dos tipos de resistencias principales:

- Aceros de baja resistencia ASTM-36
 $F_y = 36000 \text{ Psi (lb/in}^2\text{)}$
- Aceros de alta resistencia
 $F_y = 60000 \text{ Psi (lb/in}^2\text{)}$

"Las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan con la norma NTC 2289 (ASTM A706M). Se permite el uso de barras de acero inoxidable fabricadas bajo la norma ASTM A955M siempre y cuando cumplan a su vez los requisitos de NTC 2289 (ASTM A706M)". C.3.5.3 — Refuerzo corrugado⁵

⁵ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, CAPITULO C.

El acero es utilizado para darle al concreto la capacidad de deformación a tensión y se suministra en forma de barras circulares corrugadas de diferentes diámetros y diferentes longitudes comerciales, referenciados en 1/8 de pulgada así:

Tabla 1. Dimensiones Nominales de las Barras de Refuerzo.

TABLA C.3-2
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS BARRAS DE REFUERZO
(Diámetros basados en octavos de pulgada)

Designación de la barra (véase la nota)	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
		Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
Nº 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
Nº 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
Nº 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
Nº 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
Nº 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
Nº 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
Nº 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
Nº 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
Nº 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
Nº 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
Nº 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
Nº 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

Nota: El Nº de la barra indica el número de octavos de pulgada del diámetro de referencia

Fuente: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc13281/doc13281-4c.pdf>

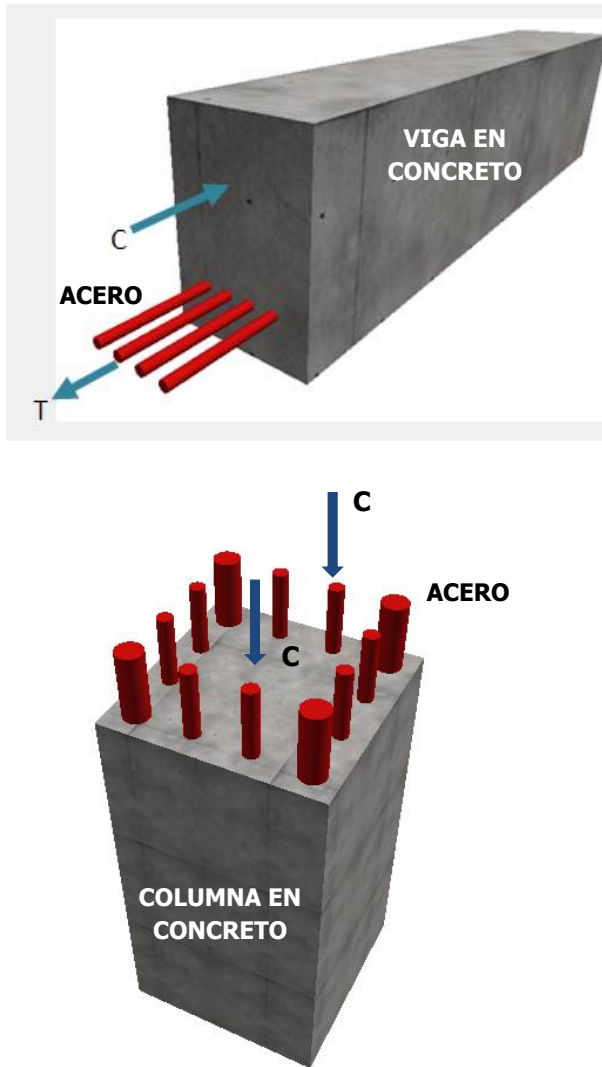
10.4 SISTEMA ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO

Sistema estructural, el cual se basa en el uso del concreto con acero de refuerzo, a través del cual busca transferir las cargas de la edificación, por medio del uso de vigas, columnas o pantallas, a la cimentación, haciendo uso de cimentación superficial y profunda. Sus principios fundamentales se basan en:

- En el uso de elementos longitudinales tipo barra y nodos, en los cuales se da la intersección de los mismos.
- El uso del concreto como material que soporta esfuerzos a compresión, despreciándose su capacidad de soportar esfuerzos a tensión.

- El uso del acero como material que soporta esfuerzos a tensión, despreciándose su capacidad de soportar esfuerzos a compresión, con excepción en los casos en el que el acero trabaja aportando resistencia a la compresión dentro de un elemento. En la figura 9. Se muestra la hipótesis básica del trabajo de los elementos que componen el concreto reforzado.

Figura 9. Hipótesis básicas de diseño de elementos de concreto reforzado.



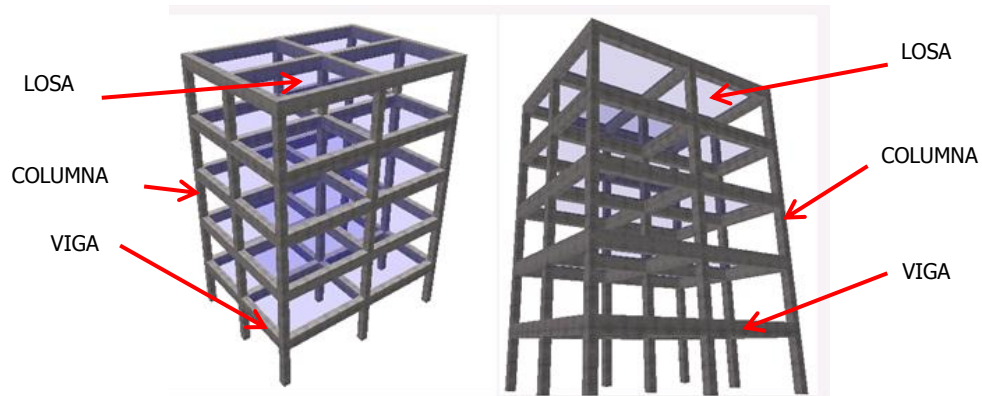
Fuente: Grupo de Investigación

10.4.1 SISTEMA A BASE DE PÓRTICOS

Es el sistema más usado en nuestra región, por consiguiente, es el que presenta mayor probabilidad de registrar algún tipo de patología. Se refiere a un sistema estructural cuyos principios geométricos son muy similares a principios presentes en la naturaleza, principalmente en los seres vertebrados, pues bien, este sistema se refiere al uso de elementos longitudinales, columnas y vigas, muy similares a la estructura ósea, estos elementos se interceptan uno entre otro, formando nudos, los mismos asemejándose a las articulaciones humanas.

Por medio de los elementos longitudinales, vigas y columnas, se logra transferir las cargas de la edificación a la cimentación, y posteriormente la misma al suelo. En la Figura 10. Se ilustran los elementos que componen un sistema estructural a base de pórticos.

Figura 10. Sistema a base de Pórticos.



Fuente: Equipo de Investigación

10.5 PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE UNA PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

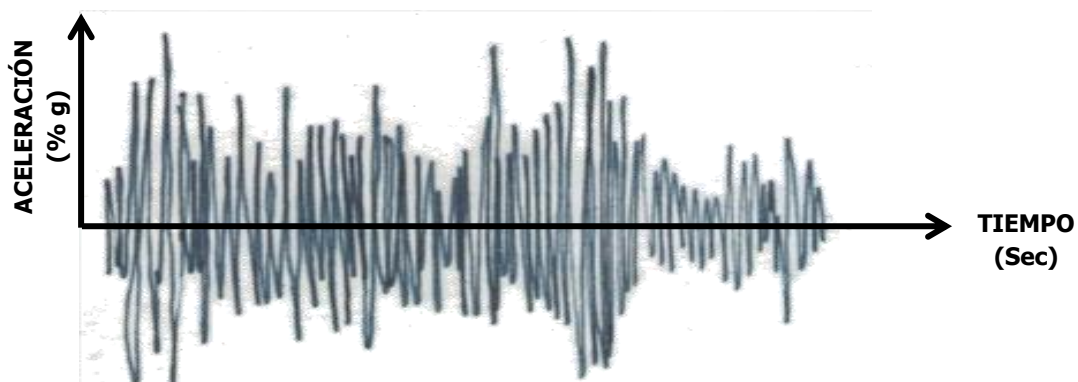
Para iniciar cualquier tipo de investigación patológica a una estructura siempre se deben tener presentes los antecedentes históricos de la misma. Estos antecedentes permitirán a los investigadores tener una idea más clara de cuáles son las causas por las que se pueda estar presentando dicha patología en la estructura. A continuación se hace referencia a los aspectos que se deben tener claros al iniciar un estudio patológico:

10.5.1 Sismos

Los movimientos telúricos ocurridos durante la vida útil de la estructura.

"El catálogo colombiano de eventos sísmicos contiene sismos históricos (el primero que se tiene registro escrito ocurrido en 1541) e instrumentales y cuenta (a mayo de 2009) con 33 100 eventos con magnitud de Richter que va desde valores bajos hasta magnitudes de Richter cercanas a 9. En 1995, cuando se inició el estudio general de amenaza sísmica de Colombia (26) que condujo a los mapas utilizados en el Reglamento NSR-98 el catálogo contenía 11 088 eventos. Esto quiere decir que gracias a la Red Sismológica Nacional adscrita al Ingeominas, la cual entró en operación en 1995, se registraron durante el lapso entre 1995 y 2009 cerca de 22 000 eventos adicionales lo cual permite realizar un mejor estimativo de la amenaza sísmica nacional que en cualquier otra época en el pasado".⁶

Figura 11. Ilustración lectura sismógrafo.



Fuente: Equipo de investigación

⁶ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, Capítulo A.2 — Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño.

10.5.2 Proceso constructivo

Dependiendo de la forma en que estén dispuestos todos los elementos que componen el sistema estructural primario de las edificaciones, se logrará de una forma más acertada diagnosticar las causas y dar las recomendaciones para el tipo de intervención que se le deba realizar a la estructura afectada. En la Figura 12, se muestra el proceso constructivo de una losa de concreto reforzado.

Figura 12. Proceso constructivo losa en concreto.



Fuente: <http://www.ecoarqpanama.com/inspeccion-tecnica-de-gestion-de-calidad-durante-la-ejecucion-de-obra>

10.5.3 Estado de los materiales

En la calidad y la forma de como sea su composición se podrá determinar por medio de modelación y cálculos matemáticos los parámetros mínimos de resistencia que tiene la estructura.

10.5.4 Entorno

Depende de la geografía, topografía, características ambientales donde se encuentra ubicada la estructura y de todo su entorno, el que permita que por diferentes causas (físicas, mecánicas o químicas) se puedan estar presentando los síntomas para una patología estructural.

10.5.5 Identificar adecuadamente las causas de las patologías.

Al realizar un estudio patológico para una estructura de concreto reforzado se debe tener muy presente tanto para la recopilación de datos como para la realización de los informes todas las características cualitativas y cuantitativas de cada patología. Estas características para cada caso deben ser entre otras de Forma, Estado, Color, Humedad, Cantidad, Dimensión, Sentido.

10.5.6 Diagnóstico

Cuando se realiza un diagnóstico de las patologías que se presentan en una estructura se debe partir del origen de la misma; esto quiere decir que se debe tener muy claro cada uno de los procesos constructivos que maneja un proyecto, para lograr identificar en cuál de ellos se puede estar originando la sintomatología que presenta el elemento analizado.

10.6 NIVELES DE RIESGO

Los niveles de riesgo son indicadores que permiten de primera mano tomar las medidas de seguridad necesarias, para que la integridad de quienes habitan las estructuras afectadas no se vea afectada y de igual forma su funcionamiento dependiendo de sus características. Estos indicadores pueden determinarse por medio de colores, letras o números dependiendo del tipo o lugar donde se lleve a cabo la investigación o estudio patológico. De esta manera podemos identificar tres niveles de riesgo para una estructura de concreto reforzado:

10.6.1 Nivel de riesgo bajo

Cuando la integridad sísmica de la estructura no se ha visto afectada de forma significativa después de un evento o por la afectación directa o indirecta de algún agente externo o interno y que no representa un daño o peligro de colapso para la integridad del sistema estructural. Este nivel de riesgo se puede manifestar en pequeñas fisuras en los elementos de concreto y que muchas veces no se pueden percibir a simple vista.

10.6.2 Nivel de riesgo medio

Sucede cuando la estructura afectada muestra síntomas o signos puntuales, con fisuras o pérdida de recubrimientos que se pueden percibir a simple vista, las cuales pueden comprometer de una manera no muy significativa pero que de igual forma son importantes el sistema estructural de la edificación. En este caso las edificaciones pueden ser utilizadas pero bajo medidas de tratamiento y supervisión.

10.6.3 Nivel de riesgo alto

Este se da cuando a las estructuras después de un evento sísmico o después de una grave lesión por causa de alguna patología severa, se le producen desprendimientos parciales o totales de materiales, dejando al descubierto el refuerzo, también se presentan pandeos o deformaciones en los elementos. En este caso se recomienda de forma inmediata el desalojo de las estructuras afectadas puesto que su sistema estructural primario esta tan afectado que en cualquier momento se puede presentar un colapso.

11 CAUSAS FÍSICAS

11.1 GENERALIDADES

La causa de las lesiones y patologías que puede presentar el concreto reforzado influye en muchos factores. También depende del conocimiento de los parámetros y criterios de diseño que requiere un proyecto; esto permite elegir la cantidad y disposición correcta de todos los materiales que hacen parte de él.

En el proceso constructivo el conocimiento de estos factores es fundamental para la elección de los componentes adecuados, su ubicación y solidificación correcta. Para estructuras que ya existen es imprescindible la identificación correcta de las posibles causas o lesiones sufridas, para dar un correcto diagnóstico o valoración dependiendo del tipo de estudio que se esté llevando a cabo a la edificación.

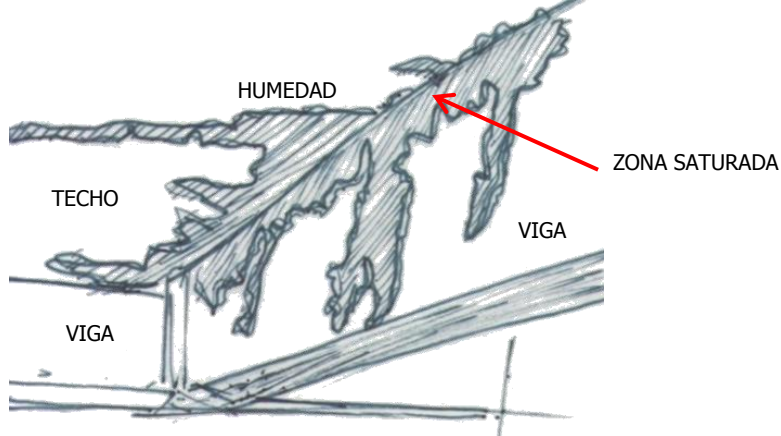
Para todos los materiales que hacen parte de un elemento de concreto reforzado las causas físicas que pueden producir algún tipo de lesión en el mismo son:

Humedades, erosiones y procesos bioquímicos.

11.2 HUMEDADES

La Humedad es la presencia de agua en su estado líquido que afecta cualquier elemento de una construcción o de una estructura existente de forma directa o indirecta. La aparición de las humedades está ligada a las condiciones climatológicas de los lugares en donde se encuentran localizadas las estructuras, ya que por la capilaridad o por las infiltraciones de los suelos se pueden presentar ante un régimen pequeño o significativo de precipitaciones y son las principales causales de que las humedades manifiesten en las estructuras expuestas a estos fenómenos.

Figura 13. Ilustración de humedad en techo.



Fuente: Equipo de investigación.

Otros procesos que pueden concurrir en la aparición de las humedades y que son casos más cotidianos son las fallas que se pueden presentar en los sistemas de ductos de alcantarillados, acueductos o canales colectoras de aguas lluvias de cualquier sistema estructural.

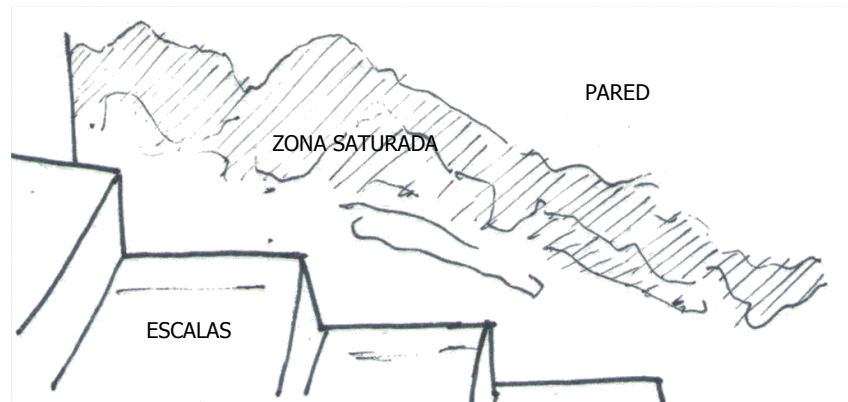
Teniendo presente las posibles causas de la manifestación de las humedades podemos clasificarlas en diferentes tipos así:

11.2.1 HUMEDADES DE OBRA

Son las que se generan dentro de las obras cuando los materiales quedan mal almacenados a la intemperie, también cuando no se generan buenas condiciones de drenaje para que los materiales no queden en contacto directo con las posibles condensaciones de agua que se puedan presentar dentro de las áreas de almacenamiento.

Las humedades que se presentan en obra también son intrínsecas de cada material que hace parte del proceso constructivo. Por ejemplo la arena, que dependiendo de su procedencia contiene un porcentaje de contenido de humedad que es importante controlarlo antes de ser utilizada, este control se puede hacer por medio de procesos de secado.

Figura 14. Ilustración Humedad de Obra.

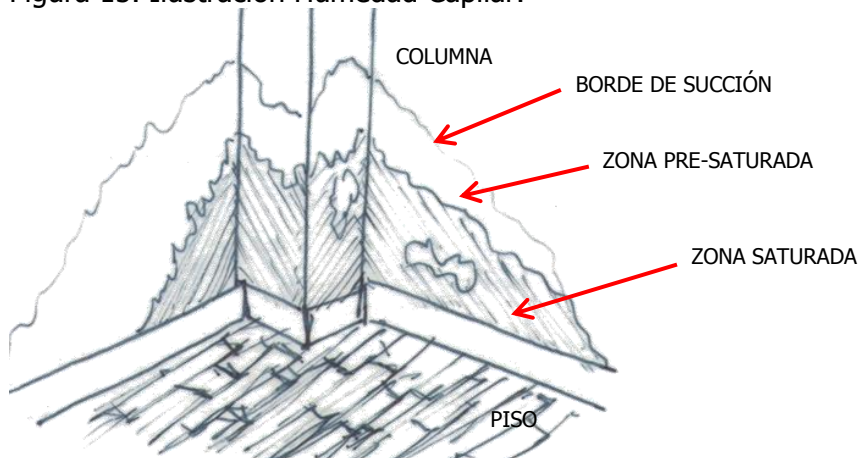


Fuente: Equipo de Investigación.

También se debe controlar el agua necesaria para los procesos constructivos, tener siempre la precaución de no exceder los límites de los contenidos de humedad de los materiales que la requieren en este caso específico el concreto al momento de su producción y fraguado.

11.2.2 HUMEDAD CAPILAR

Figura 15. Ilustración Humedad Capilar.

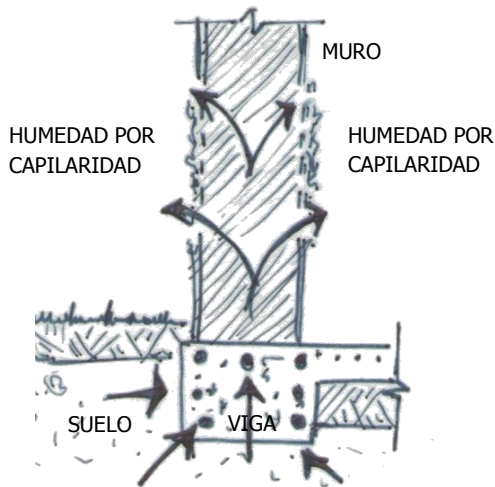


Fuente: Equipo de Investigación.

Esta humedad se presenta principalmente en suelos y es la ascensión del agua por los elementos verticales que están en contacto directo con el suelo. Se puede describir como el agua que procede del subsuelo y que a través de pequeños y finos tubos capilares que se encuentran en los materiales suben en contra de la ley de la gravedad, hasta los niveles en los que ya se manifiestan, y no solo este tipo de ascensión puede ser vertical si

no que dependiendo de la dirección de los pequeños tubos capilares esta dispersión interna puede de ser en sentido horizontal.

Figura 16. Ilustración Humedad por Capilaridad.



Fuente: Equipo de Investigación.

11.2.3 HUMEDAD DE FILTRACIÓN

Este tipo de humedad es la causada principalmente por las infiltraciones de agua hacia el interior de las estructuras y que se pueden presentar en cubiertas, canaletas de cubierta o elementos de fachadas. Son de fácil identificación porque muchas veces pueden producir goteos, pero inicialmente se detectan como manchas en los objetos afectados.

Figura 17. Humedad de Filtración.

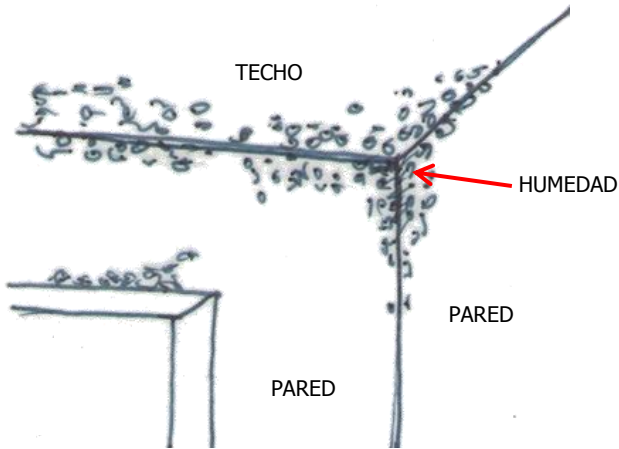


Fuente: http://humipro.com/?page_id=79

11.2.4 HUMEDAD DE CONDENSACIÓN

Este tipo de humedad es la producida por la condensación del vapor de agua desde un ambiente de mayor presión de vapor, o sea desde un ambiente cerrado hacia un ambiente de menor presión de vapor o sea hacia el exterior.

Figura 18. Ilustración Humedad de Condensación.



Fuente: Equipo de Investigación.

Existen tres tipos diferentes de condensación que son:

11.2.4.1 Condensación superficial

Es la que se puede presentar y observar directamente en sitios cerrados donde existe mayor presión de vapor.

Figura 19. Condensación Superficial.



Fuente: <http://www.contrahumed.com/condensacion.html>

11.2.4.2 Condensación intersticial

Este tipo de condensación es la que se produce hacia los interiores de las estructuras y que se pueden presentar entre las últimas capas de las superficies afectadas.

Figura 20. Condensación Intersticial.



Fuente: <http://www.goteras.net/humedades.htm>

11.2.4.3 Condensación higroscópica

Es la que se presenta en los poros de los materiales y que permite la condensación del vapor de agua en su interior, produciendo reacciones químicas que llevan a las fallas internas de los materiales.

Figura 21. Condensación Higroscópica.



Fuente: <http://www.murprotec.es/sala-de-prensa/las-sales-higroscopicas-de-la-humedad-contaminan-las-paredes-de-las-viviendas.html>

11.2.5 HUMEDAD ACCIDENTAL

Este tipo de humedad se presenta en grietas que puedan tener los elementos y son producidas principalmente por roturas de canales de conducción de aguas lluvias o de aguas negras. Este tipo de humedad suele generar áreas muy puntuales de humedad en los elementos de concreto reforzado.

Figura 22. Humedad generada por daño en la tubería.



Fuente: <http://www.restaurarcasa.com/reformas/humedades.php>

11.3 EROSIÓN

Es la pérdida de la estructura granulométrica o la transformación que puede sufrir un elemento de concreto reforzado y puede ser parcial o total. Es producida por agentes atmosféricos que por medio de procesos físicos provocan el deterioro de los materiales sin variar su composición química.

11.3.1 TIPOLOGÍA DE LAS EROSIONES

Los agentes atmosféricos que intervienen y producen las lesiones son tres, el agua, el sol y el viento.

El agua es un agente demasiado destructivo ya que afecta directamente a los elementos en su erosión, puesto que viene cada vez más cargada de partículas contaminantes producidas por los centros urbanos e industriales de las ciudades.

El agua puede ocasionar el desprendimiento de material y arrastrar sus partículas de su sitio original produciendo depósitos de las mismas, que luego pueden ser infiltradas en lugares que pueden generar posteriores desprendimientos. Este tipo de afectación si son repetitivas puede llegar a desencadenar en el área afectada el ablandamiento de los materiales, dando como resultado la aparición de grietas o fisuras.

El sol en los materiales puede producir internamente la dilatación o compresión debido a las variaciones de temperatura, dando como resultado la aparición de grietas o fisuras.

El viento es un agente que por lo general acompaña las precipitaciones y es el que le da la dirección, velocidad y el ángulo de inclinación del golpe del agua a los elementos de concreto reforzado. Además él es el encargado de arrastrar las partículas contaminantes de la atmosfera y depositarlas en cualquier superficie.

11.4 SUCIEDAD

Los elementos de concreto que estén expuestos al ambiente exterior pueden recibir partículas de polvo que se pueden depositar en ellos y que acompañados por el agua de lluvia pueden provocar por medio de reacciones químicas la penetración de las partículas en los elementos causando el deterioro del mismo. Estas reacciones pueden causar desprendimientos, eflorescencias y la posible acumulación de organismos que deterioren los elementos estructurales.

Figura 23. Suciedad en Fachada.



Fuente: http://www.construmatica.com/construpedia/Suciedad_de_Fachadas

11.4.1 Suciedad por depósito

Es la acumulación constante de partículas que se encuentran en la atmósfera, sobre un elemento, por la acción de la gravedad. Este tipo de suciedad se subdivide en dos tipos de suciedades.

Figura 24. Suciedad en Fachada por depósito.



Fuente: <http://culturadesevilla.blogspot.com/>

11.4.1.1 Por depósito superficial

Se da cuando se produce una constante acumulación de partículas las cuales permanecen unidas por atracción atmosférica, electrostática o por atracción molecular.

11.4.1.2 Por depósito interno

Este se da cuando las partículas se acumulan en la superficie de los elementos y por la acción complementaria de las lluvias se produce una penetración de las partículas por los poros del elemento alcanzando las capas superficiales del mismo.

11.4.2 Suciedad por lavado diferencial

Se trata de las partículas depositadas por la atmósfera que son lavadas por las aguas lluvias, penetrando los poros de los elementos expuestos y dejando manchas oscuras en los mismos.

Figura 25. Suciedad por lavado Diferencial.



Fuente: http://www.uclm.es/users/higueras/mga/Tema07/Tema_07_Monumentos_2.htm

12 CAUSAS MECÁNICAS

Estas se presentan cuando alguno de los elementos que hacen parte del sistema estructural primario está sometido a esfuerzos o cargas para las cuales no estaba diseñado en un principio, estos esfuerzos o movimientos generan en los elementos afectados fisuras o deformaciones puesto que el material que los compone no es capaz de resistir. Estas lesiones que se pueden presentar en los materiales son de gran riesgo para la vida funcional del sistema estructural ya que pueden generar el desprendimiento parcial total del material afectando la funcionalidad del mismo, o en el caso más extremo de la afectación lo que puede ocurrir es el colapso de la edificación.

12.1 DEFORMACIONES

Figura 26. Ensayo de deformación de vigas.



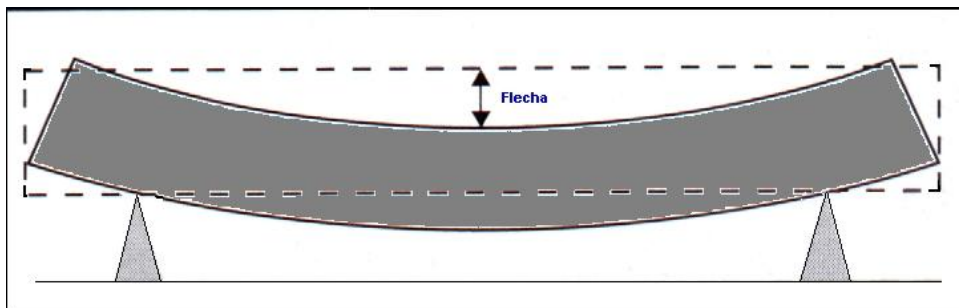
Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/05/30/comportamiento-resistencia-y-deformacion-de-elementos-de-concreto-armado-sometidos-a-flexion/>

Son todos los cambios de la forma primaria de un elemento que está sometido en algún momento a un tipo de carga. Para lograr entender los diferentes tipos de deformaciones que puede sufrir el concreto reforzado se hace necesario entender los comportamientos físicos que sufren sus componentes internos, derivados de los componentes de cada material que interviene. Por lo general estos tipos de deformaciones que puede presentar el elemento se diferencian en 4 grupos que son:

12.1.1 FLECHAS

Las flechas se presentan en elementos horizontales, estas se producen por lo general en la mitad de las luces entre los apoyos de los mismos cuando están sometidos a cargas verticales en su parte superior; también se pueden presentar estas deformaciones por otros elementos que estén aportando su carga a este.

Figura 27. Flecha en Vigas.

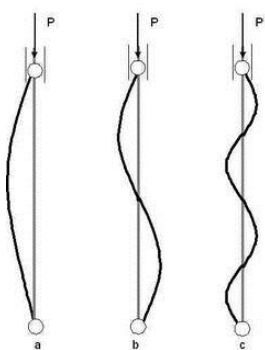


Fuente: <http://puentes.galeon.com/elementos/esquemas.htm>

12.1.2 PANDEOS

Se presentan por lo general en los elementos verticales de las estructuras, esto consiste en que el elemento recibe una carga mayor la cual excede el límite de deformación propia del elemento produciendo las deformaciones.⁷

Figura 28. Carga crítica de pandeo.



N_{cr} = carga crítica de Euler, calculada con la formula

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{\ell_e^2}$$

Donde:

N_{cr} = carga crítica de Euler, en N

$E_{0.05}$ = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

I = momento de inercia de la sección, en mm^4

ℓ_e = longitud efectiva del elemento, en mm

Fuente: [http://www.construmatica.com/construpedia/C%C3%A1lculo_de_Estructuras_de_Acero:_Caso_de_Esfuerzos_Axiales_\(Columnas\)](http://www.construmatica.com/construpedia/C%C3%A1lculo_de_Estructuras_de_Acero:_Caso_de_Esfuerzos_Axiales_(Columnas))

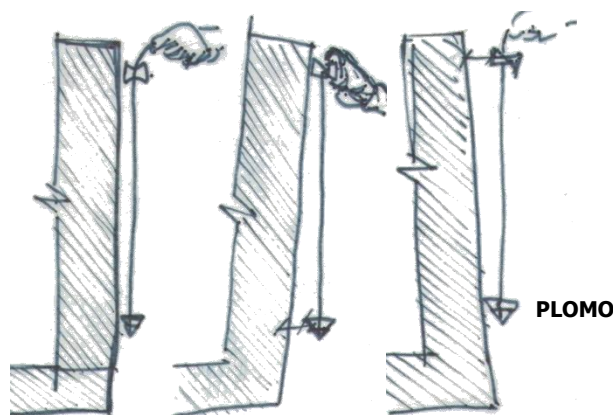
⁷ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, Capitulo G.12

12.1.3 DESPLOMES

Estos suceden cuando los elementos horizontales transmiten sus cargas a los elementos verticales, causando una diferencia de altura con respecto a la altura inicial.

Es necesario reconocer que cualquiera de estos tipos de deformaciones las cuales son el resultado de la aplicación de cargas mecánicas o movimientos de impacto fuertes, produce flexiones en los elementos y pueden desencadenar problemas de grietas, fisuras o desprendimientos. Estos problemas se pueden corregir desde el principio tanto en el diseño como en el proceso constructivo al elegir los materiales adecuados teniendo en cuenta su grado de flexibilidad y resistencia.

Figura 29. Ilustración de desplomes.



Fuente: Equipo de Investigación.

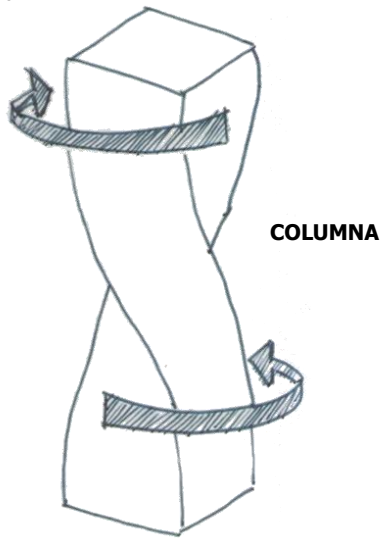
12.1.4 TORSIÓN

Este ocurre por lo general por fuerzas sobre los elementos en sentido horizontal haciendo que el sufra una deformación en forma de giro.⁸

Este tipo de movimiento hace que internamente los materiales que resisten las cargas a compresión no tengan la suficiente resistencia, y al fallar dejan completamente vulnerable a los demás elementos, que al soportar las nuevas condiciones de carga y de movimiento pueden sufrir desprendimientos llevándolo al colapso.

⁸ ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011, Capítulo C.11.

Figura 30. Torsión en Columna.



Fuente: Equipo de Investigación.

12.2 GRIETAS

Son aberturas longitudinales que pueden ir en cualquier dirección las cuales son causadas por esfuerzos que afectan los espesores de los elementos de concreto reforzado. Estas grietas se pueden diferenciar en dos grupos de esfuerzos que son:

Figura 31. Grietas en Concreto.



Fuente: <http://www.bricolajeydecoracion.com/tag/grietas-en-el-concreto/>

12.2.1 Por exceso de carga

Este tipo de grietas se presentan porque los elementos están sometidos a cargas mucho mayores a las cuales fueron diseñadas y que pueden afectar su forma de manera parcial o en el peor de los casos su forma total, afectando el sistema estructural del cual este sea parte.

12.2.2 Por dilataciones o contracciones

Estas se manifiestan por lo general en los lugares de las estructuras donde hay juntas de dilatación, que al no tener constructivamente las distancias requeridas, con los movimientos que las estructuras puedan tener por diferentes eventos, al chocar en estos puntos pueden generar fisuras, grietas o desprendimiento de materiales.

12.2.3 Fisuras

Son separaciones incompletas entre elementos que componen el sistema estructural de una edificación, en muchos casos no existe ningún espacio libre entre ellas. Esto hace que en muchas ocasiones sea necesario elementos y equipos especiales adicionales que ayuden hacer el completo análisis de las mismas, para tomar profundidades, longitudes y describiendo las características más importantes de las fisuras identificadas.

Figura 32. Fisurómetro.



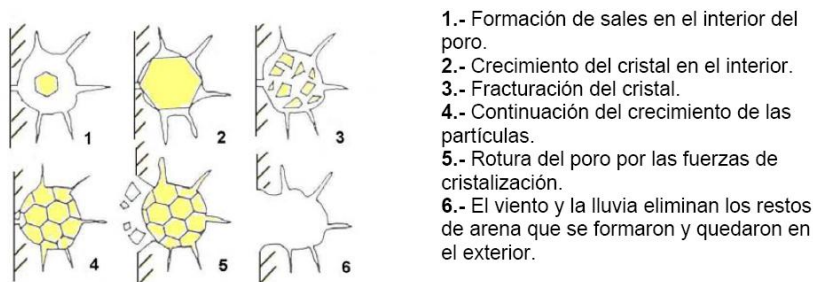
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Fisurometro.jpg>

13 CAUSAS QUÍMICAS

13.1 EFLORESCENCIA.

Al hablar de causas químicas, debemos mencionar todas aquellas causas que comprometen la estructura molecular de los materiales utilizados en una construcción, para el caso actual, concreto y acero. Es entonces que se deben mencionar todos los problemas generados por reacciones químicas con ácidos, óxidos, sales, etc. Todas las posibles reacciones que se den, en ultimas producirán un desgaste del material, y por lo tanto su falla.

Figura 33. Eflorescencia.



Fuente: http://www.concretonline.com/pdf/07construcciones/art_tec/patologia43.pdf

Se refiere a la lesión generada por partículas de sal, alojadas en el interior de un poro de una superficie de concreto, dicha partícula desarrolla su crecimiento, posteriormente esta rompe la superficie que la alojaba producto de las fuerzas de cristalización. El concreto es fuertemente susceptible de sufrir este fenómeno, ya que presenta una superficie altamente porosa, y poca cohesión o baja consistencia.

Es de alta importancia el decir que este tipo de problema, trasciende lo estético y puede representar, más que una simple superficie con color discontinuo, un problema altamente perjudicial para la estabilidad de la edificación.

Comúnmente se suele evidenciar sobre la superficie afectada por la eflorescencia, una serie de manchas blancas. La forma geométrica de las manchas es característica de las partículas de cristal que allí se encuentren. En sí, esta lesión se puede dividir básicamente en dos tipos; eflorescencia primaria y secundaria.

La primaria se refiere a la generada durante el proceso de construcción, dicha eflorescencia es inevitable y es controlada, dado que se debe tener conocimiento de la calidad del agua y agregados usados.

La eflorescencia secundaria es producida una vez finalizada la construcción de la estructura, y esta es debida a factores adversos en el entorno, (como humedad) y a posibles procesos inadecuados de construcción.

El agua es el principal agente generador de esta lesión, puesto que es por medio de la misma que se suelen transportar las sales, depositándolas y posteriormente extrayéndola del material afectado. Ahora bien, la eflorescencia puede tener su origen gracias a: el agua usada en la construcción, aguas lluvias, humedad del entorno, vapor de agua, fallas en las redes hidráulicas internas de la edificación, etc.

De acuerdo a la trascendencia de la eflorescencia podemos generar una clasificación, la cual está fuertemente ligada al tipo y forma de iniciar el proceso de tratamiento de la misma, entonces tenemos: Temporales y Permanentes

13.1.1 Temporales

Son aquellas que son de fácil eliminación de la superficie afectada, pero no por ello se deben subestimar y descuidar su tratamiento. Se pueden eliminar con procesos manuales, pero pueden haber afectado la estructura molecular del material.

13.1.2 Permanentes

Requieren un proceso mecánico más extenso para su eliminación, y por lo general exigen procesos adicionales de reparación.

Básicamente, en el concreto reforzado, la eflorescencia, se produce cuando:

Al producirse el fraguado, el cemento y los agregados pétreos, llevan consigo óxido cálcico, el cual, al entrar en contacto con la atmósfera (CO_2), formará Carbonato Cálcico, produciendo de esta manera una serie de manchas blancas sobre la superficie del elemento estructural.

Llega agua al elemento estructural por medio de capilaridad, originada desde la cimentación por contacto con el agua, o desde el ambiente exterior.

13.1.3 ORÍGENES DE LAS SALES QUE CAUSAN LAS EFLORESCENCIA

- Contenidas en el concreto, principalmente en los aditivos que se les proporcionan al mismo.
- Generada por degradación del concreto, principalmente al estar sometido a una atmosfera agresiva con alto contenido de sólidos en el aire, como hollín, residuos químicos, cales; es decir, se modifica completamente el ambiente para el cual se ha diseñado el elemento estructural.
- Llegan al concreto por fuentes exteriores, es decir, el concreto está en contacto directo con fuentes de humedad que proporcionen las sales.

13.1.4 Generalidades

Se refieren a la alteración de la composición química del acero (para este estudio), generado una alteración y perdida del mismo; debida principalmente a la atmósfera en el cual se encuentre el elemento estructural.

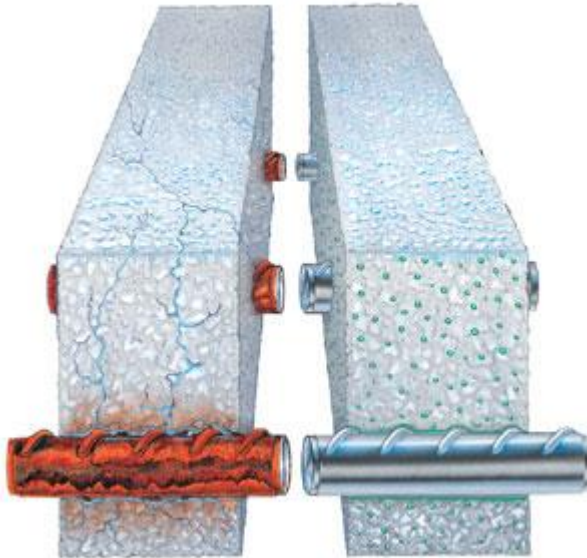
13.2 OXIDACIÓN

La oxidación hace referencia a la transformación del metal en óxido, esto por el contacto que mantiene por un periodo determinado con el oxígeno que se encuentra en el ambiente, haciendo que el metal se oxide, es decir, toma moléculas de oxígeno.

El desarrollo de la oxidación está fuertemente ligado a las condiciones atmosféricas en las cuales se encuentra el metal, es entonces que para una atmósfera más húmeda generará mayor oxidación en el elemento de acero.

Es importante señalar que la oxidación genera una superficie en el acero, la cual se encarga de protegerlo del desarrollo de la misma, es decir, la misma capa de oxidación se encarga de impedir el desarrollo de la oxidación en el resto del material, pero solo hasta ciertos niveles antes de que se produzca la corrosión.

Figura 34. Oxidación del acero de refuerzo.

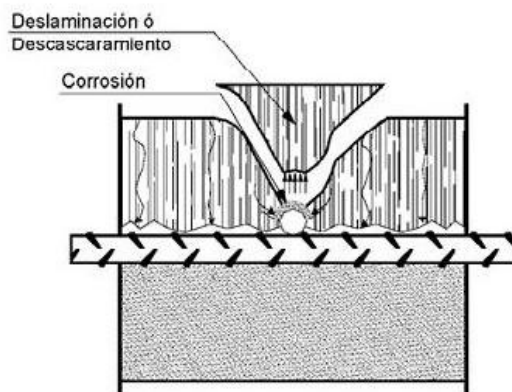


Fuente: <http://rbconspro.wordpress.com/2009/06/23/inhibidores-de-corrosion-migratorio/>

13.3 CORROSIÓN

Se refiere al proceso de oxidación acompañado de un proceso electroquímico, con el cual se genera una pérdida del material y su posible destrucción, esta es la principal diferencia que existe entre oxidación y corrosión, ya que en la oxidación no hay deterioro del material, solo un cambio en su aspecto físico.

Figura 35. Corrosión del acero de refuerzo.



Fuente: <http://www.arquigrafico.com/patologia-en-hormigones-por-corrosion-armaduras>

13.4 CARBONATACIÓN:

En primera medida se debe entender la carbonatación como un proceso natural y propio del concreto, dicho proceso está directamente ligado a la antigüedad del concreto, a concretos más antiguos existe mayor probabilidad de generar carbonatación, este proceso es entonces más evidente en edificaciones de varios años de antigüedad.

La carbonatación, entonces se refiere a la pérdida de pH en el concreto, este puede pasar de un valor 12 o 13 a un 7 (neutral), esto quiere decir que el dióxido de carbono atmosférico ingresa a la estructura del concreto por medio de los poros, y convierte el hidróxido de calcio a carbonato de calcio, es decir, pasa de un pH alto (el cual protege al concreto), a un pH bajo (con el cual el acero de refuerzo pierde su protección). Es por esto que la carbonatación solo es un problema en concretos que poseen acero de refuerzo, en concretos que no poseen el mismo, no tiene mayor trascendencia.

Es de apuntar que la importancia de identificar la carbonatación, radica en el entendimiento de la misma como un proceso lento pero constante, que sin duda alguna puede culminar en la corrosión del acero de refuerzo.

13.5 REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO

También conocidas como reacciones expansivas, es un tipo de reacción que ocurre al interior del concreto, se da al entrar en contacto los minerales presentes en los agregados con el hidróxido de álcalis presente en el cemento. Al generarse esta reacción al interior de la mezcla se genera una pasta al interior, la cual tiende a expandirse y afectar la estructura de la mezcla, generándose en el exterior grietas y fisuras que por lo general poseen geometría similar a la "pata de una gallina".

Las indicaciones de la presencia de reactividad álcali- agregado son red de agrietamiento, juntas cerradas o lascadas o dislocación de diferentes partes de la estructura. Como el deterioro por reactividad álcali-agregado es un proceso lento, el riesgo de rotura catastrófica es bajo. La reacción álcali-agregado puede causar problemas de utilización (servicio, funcionalidad) y empeorar otros mecanismos de deterioración, como aquellos de la exposición a congelamiento, anticongelantes o sulfatos.⁹

⁹<http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/deterioro-concreto-reactividad-alkali.html>

Figura 36. Falla álcali- agregado.



Fuente: <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/deterioro-concreto-reactividad-alkali.html>

13.6 SULFATACIÓN

Es producido por la presencia de lluvias acidas sobre la superficie de cualquier estructura de concreto, puesto que en la misma se presenta SO_2 , el cual al entrar en contacto con la superficie del concreto, puede generar la sulfatación, pero la misma alcanza una penetración máxima de solo 5 mm.

13.7 LIXIVIACIÓN

"La lixiviación es una forma suave de desarreglo que ocurre cuando el agua disuelve componentes en el concreto. El cemento portland hidratado contiene hasta 25 % a 30 % de hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el cual es soluble en agua. Este componente, con mucha probabilidad, será lixiviado desde el concreto. Debido a que el hidróxido de calcio es más soluble en agua fría, el agua que viene de los riachuelos de las montañas o de presas es más agresiva que el agua más caliente".¹⁰

Esta causa química, se encuentra directamente relacionada con el agua usada en el concreto, o que se encuentra constantemente en contacto con el mismo. Se genera por medio de la lixiviación, deterioro de la superficie, la cual puede presentarse con aspecto arenoso, y en ocasiones puede también erosionarse.

¹⁰<http://www.imcyc.com/revista/1999/junio/quimica1.htm>

La lixiviación al igual que otras patologías, puede afectar fuertemente las propiedades físicas y químicas del concreto, principalmente se suele reducir la resistencia del concreto.

14 GUÍA METODOLÓGICA

14.1 PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES

14.1.1 DEFINICIÓN PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

14.1.1.1 ¿Qué es una patología estructural?

El concepto de patologías estructurales es relativamente nuevo a nivel académico, pero siempre ha existido y se ha manifestado a lo largo de la historia, dando a conocer la importancia de ser conscientes de la transcendencia que tiene el examinar los posibles problemas que puede llegar a tener una edificación en su sistema estructural o en elementos no estructurales, bien sea por factores internos o externos. Cerca de la década de los sesenta, se comienza a indagar acerca las patologías del concreto reforzado.

Si se desea definir el concepto de patología estructural, se tendrá que partir inicialmente de una analogía entre las estructuras o edificaciones y el ser humano o cualquier otro ser vivo, puesto que se entenderá entonces una patología estructural como la presencia o evidencia de fallas o comportamiento irregular de una edificación, con las cuales no se puede garantizar la seguridad de la misma. De esta manera surgen tres conceptos claves para manejar una patología estructural, los cuales son:

Identificar cual es el comportamiento defectuoso, (Enfermedad).

Realizar una investigación de las posibles causas de ese comportamiento irregular, (Diagnostico).

Plantear acciones inmediatas, (Tratamiento o Terapia.)

Todo esto con el fin de garantizar las condiciones necesarias de seguridad y confort que pueda ofrecer una edificación en función de su estructura.

En un primer momento se evidencia una patología por una serie de señales que ponen a la luz las irregularidades de la estructura, estas señales pueden ser: grietas, fisuras, desprendimientos, cambio de la textura y color del material. Este primer aspecto se

denomina sintomatología, y se refiere a todos esos cambios anormales de aspecto que se presentan en la estructura.

Posteriormente, tras determinar la sintomatología, el investigador deberá establecer las posibles causas que llevaron a que se diera este comportamiento anormal de la edificación, se identificaran factores internos y externos; de esta manera se estará desarrollando un diagnóstico de la patología que sufre la estructura.

Durante el diagnóstico, es clave el identificar las causas de las lesiones que se generaron en la edificación. Para lo cual, el proyecto objeto de estudio deberá ser analizado desde su fase de diseño, sus técnicas de construcción, los materiales usados y el uso que se le ha estado dando a la edificación. Por lo tanto, es importante aclarar que una mala concepción de un proyecto de ingeniería civil, puede traer implícito problemas de patologías estructurales.

La gran importancia de un diagnóstico claro y preciso radica en que permite determinar la irregularidad, el defecto o la falla de una estructura y etiquetarla dándole un nombre a esta falla, para así poder determinar en qué condiciones de seguridad y habitabilidad se encuentra la edificación. Además, permitirá determinar el comportamiento futuro de la edificación, cuando y como posiblemente fallará.

Teniendo el resultado del diagnóstico, se procede a generar el pronóstico; este se refiere a las consecuencias que a futuro puede sufrir el elemento afectado, si puede empeorar, quedarse igual dependiendo de la gravedad de la afectación, o si realmente la patología que este está presentando puede ir en contra de la salubridad del mismo y del sistema que lo comprende, en caso de que no se tomen acciones preventivas o correctivas. De esta manera se puede deducir si esta patología puede empeorar, si se mantendrá o si desencadenará otra serie de efectos negativos y de mayores proporciones a los elementos del sistema estructural afectado.

14.1.1.2 ¿Cómo se da una patología estructural?

La aparición de una patología estructural es producto de una serie de factores que se presentan en la estructura, y para los cuales, la estructura no fue diseñada o construida. Entre estos factores encontramos:

- Procesos constructivos inadecuados.
- Materiales inadecuados usados en la construcción.

- Diseño inadecuado.
- Sobre demanda de la estructura, referido a la demanda vs la capacidad de la edificación.
- Medio ambiente agresivo, generando condiciones para las cuales no fuera diseñada la edificación. (Humedad, oxidación, corrosión, etc.)

Al darse uno o varios de estos factores, se pueden evidenciar anomalías en la geometría y homogeneidad de la edificación, siendo evidente entonces un deterioro en la misma.

15 IDENTIFICACIÓN

15.1 Metodología general para realizar un estudio patológico a una estructura de concreto reforzado

Al ejecutar un estudio patológico a estructuras de concreto reforzado, podemos aplicar las directrices que a continuación se describen como plataforma guía para realizar de una manera acertada y efectiva los análisis y diagnósticos de las patologías que puedan presentar las estructuras.

15.1.1 Verificación de las medidas de levantamiento estructural

Para realizar la primera fase del estudio patológico es necesario chequear las medidas de los planos existentes de la estructura en campo, en el caso que la estructura no posea planos se debe hacer el levantamiento respectivo y generar los planos de la misma. En el caso que se presenten diferencias de las medidas tomadas en campo con respecto a medidas en los planos existentes se deben actualizar y generar nuevos planos. Esta información es de suma importancia para el posterior desarrollo de modelos en software especiales para determinar qué puntos de la estructura son más vulnerables en caso de que se presenten lesiones o síntomas patológicos.

15.1.2 Lavado o limpieza de la zona de inspección

Se debe realizar un lavado con chorro directo en el caso que sea necesario para eliminar las partículas de polvo o de otro tipo, si se presenta vegetación se hace necesario realizar una limpieza mecánica, esto con el fin de eliminar cualquier impureza en la toma de las muestras.

Figura 37. Lavado con chorro de Agua.



Fuente: <http://bogotacity.campusanuncios.com.co/lavado-de-fachadas-super-cleaning-bogota-iid-235218862>

16 ANÁLISIS

Para el desarrollo de la etapa de análisis en un estudio patológico, es necesario hacer uso de formatos, con los cuales sea posible manejar de manera organizada la información obtenida en campo.

A continuación el grupo de investigación propone el uso de formatos para cada una de las principales actividades a realizar en un estudio patológico.

Es de suma importancia diligenciar por completo los diferentes formatos, consignando en los mismos la mayor información disponible e inquietudes, para su posterior análisis y así proponer tratamientos más acertados.

16.1 FORMATO EQUIPOS USADOS

- Formato para definir el equipo a utilizar; se debe tener en cuenta la dimensión del estudio, el lugar donde se va a realizar, tipos de ensayos y cantidad de los mismos, personal necesario, herramienta necesaria, disponibilidad de agua, energía eléctrica, accesibilidad al sitio.

Anexo 1. Formato de Equipos Usados.

Código	DESCRIPCION	REFERENCIA
	EQUIPO DE SEGURIDAD	
ES 001	Casco	
ES 002	Gafas	
ES 003	Botas	
ES 004	Guantes	
ES 005	Protectores de oídos	
ES 006	Tapa-Bocas	
ES 007	Overol	
ES 008	Arnés	
ES 009	Cuerdas	
ES 010	Cono Reflectivo	
ES 011	Botiquín de Primeros Auxilios	
ES 012	Cinta de seguridad	

ES 013	Señalización preventiva	
	HERRAMIENTA BÁSICA	
HB 001	Martillo de Acero	
HB 002	Martillo de Goma	
HB 003	Cinzel	
HB 004	Maseta mano	
HB 005	Maseta de 4 libras	
HB 006	Flexómetro	
HB 007	Cinta Métrica	
HB 008	Calibrador vernier	
HB 009	Andamios Tubulares	
HB 010	Pica	
HB 011	Balde	
HB 012	Caneca	
HB 013	Carreta	
HB 014	Pala	
HB 015	Caja de Herramientas	
HB 016	Lupa	
HB 017	Medidor de grietas	
HB 018	Navaja o bisturí	
HB 019	Regla metálica	
HB 020	Plomada	
HB 021	Linterna	
HB 022	Manguera de Nivel	
HB-023	Distanciómetro electrónico	
HB-024	Brocha	
HB-025	Hidro-lavadora	
HB-026	Compresor Manual	
HB-027	Nivel Laser	
	EQUIPO PARA REALIZAR ENSAYOS	
EE 001	Ferrosan	
EE 002	Esclerómetro	
EE 003	Fenolftaleína	
EE 004	Equipo para extracción de núcleos	
EE 005	Taladro	
EE 006	Martillo Roto percutor	

EE 007	Pulidora	
EE 008	Disco de corte de acero	
EE 009	Termómetro	
EE 010	Medidor de Humedad	
	OTROS EQUIPOS	
OE 001	Generador Eléctrico	
OE 002	Martillo Roto percutor	
OE 003	Extensión encauchetada (5m,10m,20m)	
OE 004	Escalera	
OE 005	Reflectores	
OE 006	Galón para combustible	
OE 007	Vehículo para transportar equipos	
OE 008	G.P.S	
OE 009	Parafina, bolsa y recipiente para depositar núcleos	
OE 010	Cepillo de cerda de acero	
OE 011	Cemento epóxico (Reparaciones)	

Fuente: Equipo de Investigación

16.2 FORMATO INICIAL

Anexo 2. Formato Inicial.

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO FORMATO INICIAL																																										
INFORMACION CONSULTOR:																																										
Empresa:	Fecha:																																									
Nombre:	Cargo:																																									
Teléfonos:	Otros datos:																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">INFORMACION DEL PROPIETARIO</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;">Nombre Propietario</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">C.C.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Fecha</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Dirección</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Ciudad</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Teléfonos</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">INFORMACION GENERAL DE LA EDIFICACIÓN</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;">Área: m2</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Frente: mts</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Fondo: mts</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Numero de Pisos:</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Numero de Sótanos:</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Antigüedad: Años.</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Uso: Residencial Fabril Comercial Salud Educativo Institucional: Otros: </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Información Disponible: Planos Arquitectónicos Planos Estructurales Memorias de Calculo Estudio de Suelos Licencia de Construcción Otros: </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Materiales Cubierta Muros Divisorios Muros de Fachada Acabados de Piso: Material Cielo Falso: </td> </tr> </table>	INFORMACION DEL PROPIETARIO	Nombre Propietario	C.C.	Fecha	Dirección	Ciudad	Teléfonos	INFORMACION GENERAL DE LA EDIFICACIÓN	Área: m2	Frente: mts	Fondo: mts	Numero de Pisos:	Numero de Sótanos:	Antigüedad: Años.	Uso: Residencial Fabril Comercial Salud Educativo Institucional: Otros:	Información Disponible: Planos Arquitectónicos Planos Estructurales Memorias de Calculo Estudio de Suelos Licencia de Construcción Otros:	Materiales Cubierta Muros Divisorios Muros de Fachada Acabados de Piso: Material Cielo Falso:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Reparaciones estructurales anteriores:</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;">Responsable</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Fecha</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;"> </td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Sistema de entrepiso</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Estado General de la Edificación</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Externo</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;">Riesgo de Colapso.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Deflexiones.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Desplomes.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Asentamientos.</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Interno</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;">Riesgo de Colapso.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Deflexiones.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Desplomes.</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Asentamientos.</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Fenomenos Ocurredos durante el tiempo de servicio</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;">Fuego: Otros:</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Sismo:</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">Congelamiento:</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Medidas de Seguridad a tomar</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;"> </td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Comentarios:</td> </tr> <tr><td style="padding: 5px;"> </td></tr> </table>	Reparaciones estructurales anteriores:	Responsable	Fecha		Sistema de entrepiso	Estado General de la Edificación	Externo	Riesgo de Colapso.	Deflexiones.	Desplomes.	Asentamientos.	Interno	Riesgo de Colapso.	Deflexiones.	Desplomes.	Asentamientos.	Fenomenos Ocurredos durante el tiempo de servicio	Fuego: Otros:	Sismo:	Congelamiento:	Medidas de Seguridad a tomar		Comentarios:	
INFORMACION DEL PROPIETARIO																																										
Nombre Propietario																																										
C.C.																																										
Fecha																																										
Dirección																																										
Ciudad																																										
Teléfonos																																										
INFORMACION GENERAL DE LA EDIFICACIÓN																																										
Área: m2																																										
Frente: mts																																										
Fondo: mts																																										
Numero de Pisos:																																										
Numero de Sótanos:																																										
Antigüedad: Años.																																										
Uso: Residencial Fabril Comercial Salud Educativo Institucional: Otros:																																										
Información Disponible: Planos Arquitectónicos Planos Estructurales Memorias de Calculo Estudio de Suelos Licencia de Construcción Otros:																																										
Materiales Cubierta Muros Divisorios Muros de Fachada Acabados de Piso: Material Cielo Falso:																																										
Reparaciones estructurales anteriores:																																										
Responsable																																										
Fecha																																										
Sistema de entrepiso																																										
Estado General de la Edificación																																										
Externo																																										
Riesgo de Colapso.																																										
Deflexiones.																																										
Desplomes.																																										
Asentamientos.																																										
Interno																																										
Riesgo de Colapso.																																										
Deflexiones.																																										
Desplomes.																																										
Asentamientos.																																										
Fenomenos Ocurredos durante el tiempo de servicio																																										
Fuego: Otros:																																										
Sismo:																																										
Congelamiento:																																										
Medidas de Seguridad a tomar																																										
Comentarios:																																										
Realizó:	Recibido:																																									
c.c.	c.c.																																									

Fuente: Equipo de Investigación.

16.3 INSTRUCCIONES FORMATO INICIAL

Para el presente formato tener en cuenta:

16.3.1 Información Consultor

En esta casilla se debe depositar la información de quien realiza la primera visita técnica, especificando la empresa a la cual pertenece, el nombre de quien realiza este primer acercamiento, teléfono y otra información que se considere conveniente.

16.3.2 Información Propietario

Se debe de especificar la información general del propietario de la edificación, de ninguna manera se debe considerar para esta casilla información distinta de esta, es decir, de residente o encargados. Se debe corroborar esta información con documentos públicos pertinentes.

16.3.3 Información general de la edificación

Especificar la información solicitada referente a área, ancho, largo y uso.

Información Disponible: Se debe solicitar al propietario la mayor información posible referente al proceso de planificación, construcción y mantenimiento de la edificación. De ser necesario, se debe indagar sobre la disponibilidad de esta información en las curadurías urbanas, en las oficinas de planeación municipal, en las empresas constructoras o en los lugares pertinentes.

Materiales: en esta sección se deben especificar los materiales más representativos de la edificación, se debe hacer de una manera genérica y sin especificar marcas. Esta sección es de utilidad para en algún momento asumir cargas o fuerzas para realizar revisión de la demanda y la capacidad de la estructura afectada.

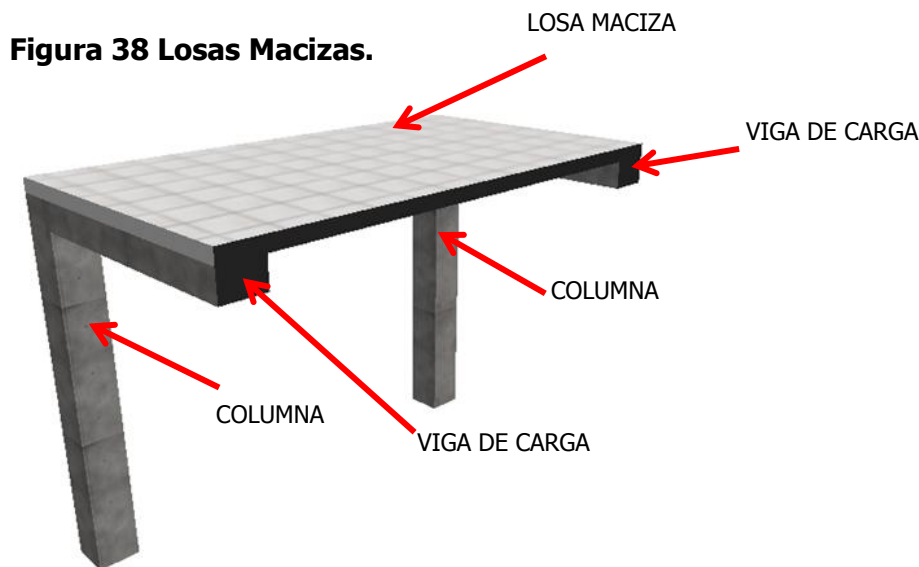
Reparaciones estructurales anteriores: En esta sección se hace necesario consultar si a la edificación se le ha realizado alguna reparación en su sistema estructural, tomando como intervalo de tiempo el último sismo fuerte o representativo de la región. Se deben considerar; de haberse dado alguna reparación, el responsable de la misma, la fecha y demás datos. Si en algún

momento, durante el intervalo de tiempo especificado o por fuera del mismo, se realizó alguna adición o sustracción de cualquier elemento estructural o no estructural representativo, (columna, viga, ménsula, losa, muro de carga, etc.). Se debe especificar dicho elemento.

Sistema de entrepiso: En esta casilla se deben especificar las características del sistema de entrepiso, dependiendo del tipo de sistema que posea la edificación el investigador debe tener muy presente y conocer todos los componentes y requisitos mínimos que este debe cumplir, indicando aspectos como su geometría, tipo de sección y demás propiedades que el consultor considere necesarias.

Existen dos tipos de sistemas de entrepiso avalados por el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia los cuales son:

"LOSAS MACIZAS — *Las losas macizas están conformadas por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones. La losa debe tener por lo menos dos muros de apoyo y estos siempre deben ser opuestos. Para losas apoyadas en sus cuatro lados la dirección principal será del sentido más corto.*"¹¹

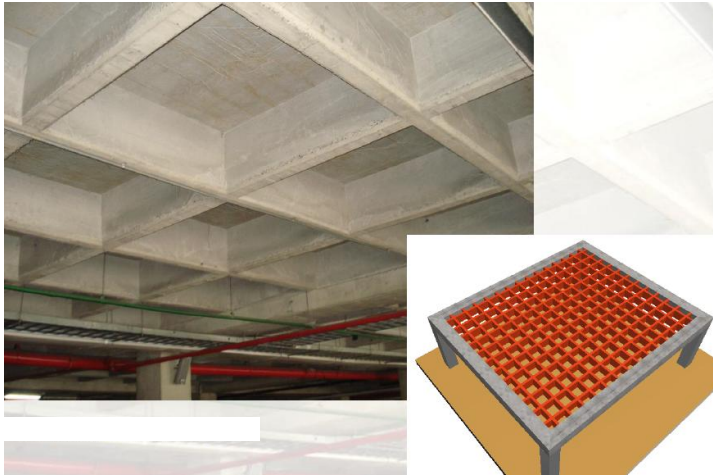


Fuente: Equipo de Investigación.

¹¹ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS 2010. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa de de Bogotá, 2011. CAPÍTULO E.5 LOSAS DE ENTREPISO, CUBIERTAS, MUROS DIVISORIOS Y PARAPETOS

"LOSAS ALIGERADAS — Las losas aligeradas son utilizadas para salvar luces más grandes que las losas macizas. Este sistema reemplaza parte de la sección de concreto por material aligerante, el cual puede ser de cajones de madera, casetones de esterilla de guadua, ladrillos o bloques.¹²

Figura 39 Sistema de Losa Aligerada



Fuente: Equipo de Investigación.

Estado general de la edificación: El consultor deberá realizar una inspección visual general, en la cual se determine aspectos internos y externos de la edificación o de la estructura objeto de estudio.

El riesgo de colapso de la edificación: Para realizar esta descripción de manera eficaz, el consultor debe conocer o tener presente los parámetros objetivos de identificación de riesgo de colapso, que se enmarcan dentro de una ruta de colapso. Esto significa que si al elemento analizado le han aplicado diferentes magnitudes de carga de manera continua, creciente o súbita y presenta algún tipo de patología, Se debe analizar las variables o posibilidades por las cuales se pudo presentar la misma, los cuales se mencionan a continuación:

- a. *"La magnitud de las cargas excede la capacidad resistente de diseño, incluyendo los factores de seguridad correspondientes.*

¹² ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS 2010. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa de de Bogotá, 2011. CAPÍTULO E.5 LOSAS DE ENTREPISO, CUBIERTAS, MUROS DIVISORIOS Y PARAPETOS

- b. Se calcularon erróneamente las cargas o las capacidades resistentes.*
- c. La calidad de la construcción resultó en resistencias menores que las proyectadas para las cargas reales de la estructura.*
- d. No existió cuantificación de cargas y/o de resistencias.*

A medida que las cargas se acercan a la capacidad última total de la estructura una serie de manifestaciones puede poner en evidencia la inminencia de falla o colapso, marcando una ruta de manifestaciones patológicas que, de acuerdo con la velocidad de incremento de carga o la reducción de la resistencia, pueden resultar en la prevención del colapso.”¹³

Medidas de seguridad a tomar: Es obligación de cualquier profesional o ciudadano, buscar preservar la vida de las personas, por tal motivo se deben de recomendar las medidas de seguridad para dicho fin. Como lo puede ser: Desalojar, restringir el acceso a determinado sitio, apuntalar, señalización informativa y preventiva.

Comentarios: En esta casilla es necesario redactar las observaciones técnicas y logísticas que el consultor considere pertinentes, siempre buscando garantizar la vida y bienestar de los habitantes, y preservar la estabilidad de la edificación.

¹³ ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS Junio de 2004. GUIA DE PATOLOGIAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES, CAPITULO 3.

16.4 AUSCULTACIÓN VISUAL DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

16.4.1 GENERALIDADES

Se busca por medio de este tipo de práctica realizar una detallada inspección visual como primera medida para destacar los aspectos más relevantes del estado de salubridad en el que se encuentran los elementos de las estructuras de concreto, con el fin de reconocer en ese momento algunos aspectos iniciales con los que cuenta la estructura, los cuales deben quedar claramente consignados en formatos para su posterior análisis.

La auscultación visual se aplica dependiendo de la sintomatología que se esté presentando en la estructura afectada, ya que es por medio de ella que se hace detalladamente la inspección directamente sobre los elementos. Sirve para identificar posibles fallas en los procesos constructivos. Se pueden identificar los daños que pueda presentar el elemento, como problemas de humedad, asentamientos, deflexiones, problemas de sulfatación o carbonatación.









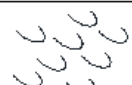
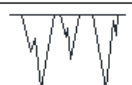
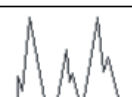



Cuando en primera instancia de la auscultación visual no se pueden identificar algunas de las características anteriores, se procede a realizar una auscultación de segundo orden.

Cabe resaltar que durante el desarrollo de la investigación de este proyecto, se percibió que actualmente dentro de la Normatividad Colombiana, no se encuentra claramente referenciada una norma que especifique los procesos o los métodos de auscultación visual, para estudios de patologías de estructuras.

En esta primera fase de inspección se realizan registros fotográficos, se indican las características cualitativas y cuantitativas más relevantes de todos los síntomas o irregularidades estructurales que se evidencian, indicándolas en planos y en formatos específicos para este tipo de estudio, para ello el grupo de investigación propone el siguiente cuadro de referencia de convenciones de daños (Anexo N°03) contiene convenciones básicas como guía para el investigador, para ingresar toda la información gráfica necesaria, basados en la ACI y en la ASME Sección V artículo 9, para el ejercicio de auscultación visual.

16.5 CUADRO DE REFERENCIA DE CONVENCIONES DE DAÑOS

Anexo 3. Cuadro de Referencia de Convención de daños

CUADRO DE REFERENCIA DE CONVENCIONES DE DAÑOS				
FISURAS				
ITEM	GRAFICO	TIPO DE DANO	DESCRIPCION	
F.1		FISURA	FINA	Menos de 1mm
F.2			MEDIA	Entre 1mm y 2mm
F.3			ANCHA	Mas de 2mm
DETERIOROS				
D.1		DESINTEGRACION	Es el desprendimiento de fragmentos de cualquier tamaño del elemento principal.	
D.2		DISTORCION	Es la deformacion irregular de una parte del elemento produciendo desprendimiento.	
D.3		EFLORECENCIA	Es la presencia de deposito de sales en los poros superficiales de los elementos.	
D.4		EXUDACION	Es la presencia de un liquido o material viscoso que brota de los poros, fisuras o grietas de los elementos.	
D.5		INCRUSTACIONES	Son capas de particulas que se forman en las supercicies de los elementos y tienen un aspecto de costras o peliculas duras.	
D.6		PICADURAS	Pequeñas cavidades que se presentan debido a fenomenos o agentes externos, como deposito de particulas contaminantes por cavitacion, corrosion o desintegracion localizada.	
D.7		CRATERES	Son pedazos del elemento que se desprenden o se elevan como erupciones debido a presiones internas que se manifiestan superficialmente.	
D.8		ESCAMAS	Es el resquebrajamiento superficial por presiones internas o externas a los elementos debido a fallas en los procesos constructivos.	
D.9		ESTALACTITA	Son las formaciones de picos o conos invertidos por debajo de los elementos horizontales.	
D.10		ESTALAGMITA	Son las formaciones de picos o conos invertidos en la parte superior de los elementos horizontales.	
D.11		POLVO	Es el cumulo de particulas de polvo llevadas por el aire y que se depositan sobre los elementos causando decoloraciones o manchas e infiltraciones.	
D.12		CORROSION	Es el proceso de oxidacion acompanado de un proceso electroquimico al interior de los elementos.	
D.13		GOTERAS	Pueden ser producidas por infiltraciones de cubiertas, canales o fachadas.	

Fuente: Equipo de Investigación

16.6 FORMATO AUSCULTACIÓN VISUAL

Anexo 4. Formato Auscultación Visual

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES							
AUSCULTACIÓN VISUAL							
INFORMACION CONSULTOR:							
Empresa:	Fecha:						
Nombre:	Cargo:						
Teléfonos:	Otros datos:						
Supervisor:							
INFORMACION DEL PROPIETARIO							
Nombre Propietario							
C.C.							
Fecha							
Dirección							
Ciudad							
Teléfonos							
Elemento a estudiar:							
Columna							
Viga							
Losa							
LOCALIZACION							
Realizar limpieza general							
Realizar limpieza con chorro a presión:							
LEVANTAMIENTO GRAFICO:							
CARACTERISTICAS:							
VISTA 1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td colspan="2" style="padding: 2px 5px;">TIPO DE DAÑO:</td></tr><tr><td style="padding: 2px 5px;">REF. ITEM</td><td style="padding: 2px 5px;">NOMBRE:</td></tr><tr><td colspan="2" style="padding: 2px 5px;">DESCRIPCION:</td></tr></table>	TIPO DE DAÑO:		REF. ITEM	NOMBRE:	DESCRIPCION:	
TIPO DE DAÑO:							
REF. ITEM	NOMBRE:						
DESCRIPCION:							
VISTA 2							
<table style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;">Realizó:</td><td style="width: 50%;">Recibido:</td></tr><tr><td style="border-top: 1px solid black; height: 20px;"></td><td style="border-top: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr><tr><td style="font-size: 0.8em;">c.c.</td><td style="font-size: 0.8em;">c.c.</td></tr></table>		Realizó:	Recibido:			c.c.	c.c.
Realizó:	Recibido:						
c.c.	c.c.						

Fuente: Equipo de Investigación

16.7 INSTRUCCIONES FORMATO DE AUSCULTACIÓN VISUAL.

El formato de auscultación visual esta esquematizado así:

16.7.1 Información del consultor

En esta parte se deben consignar todos los datos de quienes realizan la visita de campo. Esta casilla tiene datos como la empresa, la fecha de la auscultación, el nombre de quien realiza el ejercicio, el cargo ocupado por el mismo, datos telefónicos, otros datos en caso de ser requeridos y por último el nombre del supervisor.

16.7.2 Información del propietario

En esta casilla se toma nota de los datos del propietario de la edificación, el cual contiene información personal de nombre, identificación, dirección de la edificación objeto de estudio, ciudad y teléfonos.

16.7.3 Elemento a estudiar

En esta casilla lo que se pretende es obtener los datos del elemento específico a analizar, por lo tanto se proponen 3 opciones que son: columna, viga o losa, cada una de ellas debe estar referenciada a su localización puntual es decir, a sus ejes dentro del sistema estructural, basado en planos de levantamiento arquitectónico o estructural.

De igual forma aparecen dos notas de recomendaciones de limpieza al área a examinar que puede ser por medios mecánicos o con chorro a presión, para llevar a cabo de manera más efectiva el ejercicio de la auscultación visual.

16.7.4 Levantamiento gráfico

Para esta casilla se deben realizar mínimo dos vistas, donde se muestre técnica y gráficamente claro el dimensionamiento del daño que se observe, deben quedar referenciados todos los aspectos como longitudes, anchos, profundidades, tratando de dejarlos localizados en coordenadas locales.

16.7.5 Características

En esta casilla se analizan dos puntos. Para el primero de ellos se debe identificar de manera precisa con respecto a el cuadro de referencia de convenciones de daños (Anexo N°03), para dejar consignados el número de ítem y el nombre del patrón de daño. Para el segundo punto se realiza la descripción del tipo de daño, en esta deben quedar inscritas todas las características cualitativas y cuantitativas de la zona referenciada.

16.7.6 PROBLEMAS Y ERRORES

- La falta de conocimiento técnico para realizar e interpretar planos referenciados por parte del consultor, puede llevar a incurrir en errores de ubicación para la toma de muestras.
- No realizar una apropiada interpretación de los síntomas presentados en los elementos, por la inexperiencia del consultor.
- No utilizar adecuadamente el cuadro de referencias de convenciones de daños (Anexo 5), para llenar de manera correcta las casillas del formato de auscultación visual (anexo 4).

16.8 AUSCULTACIÓN DE SEGUNDO ORDEN DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

16.8.1 GENERALIDADES

En esta fase de estudio se procede a sacar muestras directas a los elementos afectados, en primera instancia se debe hacer una escarificación en un área de regate pequeña que no afecte de manera considerable al elemento, dependiendo de cómo sea la afectación que esté sufriendo el elemento se hace una exploración un poco más profunda, que puede ser la extracción de núcleos o cualquiera de los diferentes métodos utilizados para la toma de muestras y que se realizan según el criterio del profesional de quien haga el estudio. A continuación el equipo investigativo propone un formato para este tipo de auscultación:

16.9 DETERMINACIÓN DEL REFUERZO QUE POSEE EL ELEMENTO DE CONCRETO

Se hace con el fin de detectar en primera instancia si el elemento analizado posee el refuerzo mínimo (ver NSR-10 Título C.), y para ver de qué forma está dispuesto el refuerzo en el elemento objeto de estudio, de esta manera se realiza un ensayo no destructivo, lo cual implica un gasto menor en el estudio patológico. Se puede entonces direccionar en primera instancia el estudio en cuanto a la identificación de las causas por las cuales se pueden estar manifestando los síntomas para realizar este tipo de ensayo se debe aplicar toda la normatividad que la rige, para este caso es la ASME Sección V artículo 4.¹⁴

En la actualidad dentro de la normatividad colombiana que rige los estudios patológicos, no se encuentra claramente especificada una norma la cual indique como se deben llevar a cabo los estudios con el equipo ferrosan.

¹⁴ASME Sec. V: Article 4, Article 5, Article 23.

16.10 ENSAYO FERROSCAN

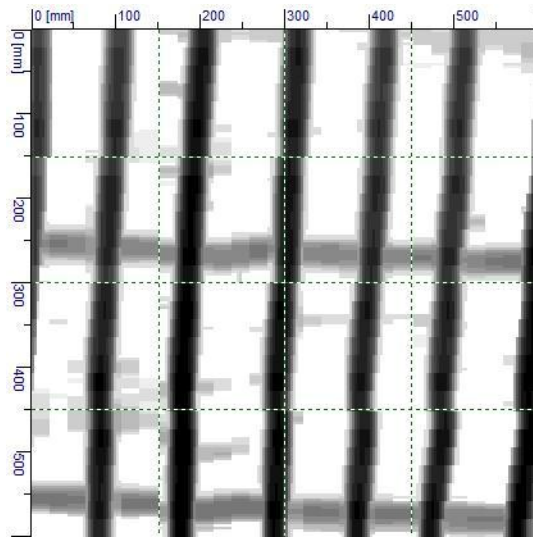
Figura 40. Ferroskan Hilti RV 10.



Fuente: <http://www.hilti.es/data/product/prodmedium/li02395.jpg>

Este ensayo se realiza con un equipo de tecnología avanzada que emite ondas electromagnéticas, este equipo consta de dos partes principales, la primera es el lector que permite la identificación del refuerzo en la estructura analizada, este proceso se realiza sobre una plantilla cuadrada que se ubica sobre la estructura, esta plantilla puede ser impresa en papel o dibujada sobre el mismo elemento a analizar, se hace primero un recorrido para calibrar el equipo, luego una vez calibrado se empieza a hacer los recorridos según lo trazado, horizontales de izquierda a derecha y luego verticales de arriba hacia abajo, una vez hecho los recorridos se miran los resultados del escaneo en el otro componente del equipo, el monitor de lectura que funciona de forma inalámbrica dependiendo del equipo usado, se pueden observar los espesores de los recubrimientos, la disposición en la que se encuentra el acero de refuerzo, longitudes, profundidad y diámetros de las barras. La profundidad a la que los equipos puedan realizar los escaneos varía según la potencia y diseño de los mismos.

Figura 41. Resultados de Prueba de Ferroskan.



Fuente: <http>

Las principales aplicaciones de los equipos de ferroskan son:

- Para diagnosticar la calidad del armado de las estructuras de concreto.
- Para hacer inspecciones más exactas y así controlar y evitar cortar o afectar elementos de refuerzo que estén en una estructura de concreto reforzado cuando se realice alguna intervención.
- Conocer los diámetros de las barras de refuerzo y su profundidad con respecto a los recubrimientos.
- Se utiliza para determinar en qué puntos se puede tomar una prueba de extracción de núcleos.

De acuerdo a la marca y el tipo de equipo utilizado para realizar estas regatas de ferroskan, se tienen los formatos o retículas que se pegan al elemento a analizar o en última instancia se traza manualmente las retículas y sobre las cuales se hace el ejercicio de escaneo. Para todos los casos este estudio da como resultado las imágenes donde se observa el acero.

A continuación el equipo investigativo propone el formato (Anexo N°05) con el cual pretendemos hacer un levantamiento claro del refuerzo que se observa con el ferrosan. En este deben quedar consignados todos los detalles y especificaciones del refuerzo que se observa, también todos los dimensionamientos en cuanto a diámetros de las barras de refuerzo que sean identificadas y separaciones entre ellas.

16.11 FORMATO ENSAYO FERROSCAN

Anexo 6. Ensayo Ferrosan

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES ENSAYO DE FERROSCAN											
INFORMACION CONSULTOR: Empresa: _____ Fecha: _____ Nombre: _____ Cargo: _____ Telefonos: _____ Otros datos: _____ Supervisor: _____											
INFORMACION DEL PROPIETARIO _____ Nombre Propietario _____ C.C. _____ Fecha _____ Dirección _____ Ciudad _____ Teléfonos _____	Elemento a estudiar: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;">Columna</td><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;">Viga</td><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;">Losa</td><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;">LOCALIZACION</td><td style="height: 15px;"></td></tr> </table> EQUIPO USADO: _____			Columna		Viga		Losa		LOCALIZACION	
Columna											
Viga											
Losa											
LOCALIZACION											
LEVANTAMIENTO ESCANEADO N° _____											
<p>El diagrama muestra una cuadrícula de 4 filas y 4 columnas. Las columnas están etiquetadas con los números 5, 6, 7 y 8. Las filas están etiquetadas con los números 1, 2, 3 y 4. Una dimensión horizontal de 15cm indica el ancho de una columna. Una dimensión vertical de 61cm indica el alto de una fila. La cuadrícula completa mide 61cm de ancho y 61cm de alto.</p>											
Realizó: _____ c.c. _____	Recibió: _____ c.c. _____										

Fuente: Equipo de Investigación

16.12 INSTRUCCIONES FORMATO FERROSCAN

El formato de ensayo para determinar el refuerzo esta esquematizado así:

16.12.1 Información del consultor

En esta parte se deben consignar todos los datos de quienes realizan la visita de campo. Esta casilla tiene datos como la empresa, la fecha de la auscultación, el nombre de quien realiza el ejercicio, el cargo ocupado por el mismo, datos telefónicos, otros datos en caso de ser requeridos y por último el nombre del supervisor.

16.12.2 Información del propietario

En esta casilla se toma nota de los datos del propietario de la edificación, el cual contiene información personal de nombre, identificación, dirección de la edificación objeto de estudio, ciudad y teléfonos.

16.12.3 Elemento a estudiar

En esta casilla lo que se pretende es obtener los datos del elemento específico a analizar, por lo tanto se proponen 3 opciones que son: columna, viga o losa, cada una de ellas debe estar referenciada a su localización puntual, es decir, a sus ejes dentro del sistema estructural, basado en planos de levantamientos arquitectónicos o estructurales.

16.12.4 Levantamiento escaneo n° ____:

Primero según el orden y cantidad de regatas de escaneo que se realicen se les asigna una numeración.

Dependiendo del equipo utilizado, para esta casilla se busca dejar plasmados todos los detalles de la disposición del refuerzo que se observan en la pantalla del equipo, su dirección y su espesor.

El equipo de investigación propone el formato de plantilla de regate ferrosan (Anexo N°06), para ser utilizada en campo. De igual manera para la consignación de las descripciones cuantitativas y cualitativas de las lecturas se propone el formato de descripción de ensayo de ferrosan (Anexo N°07).

16.13 PLANTILLA DE REGATE FERROSCAN. Anexo No. 6

Anexo 7. Plantilla de Regate Ferrosan

PLANTILLA DE REGATE FERROSCAN.		ANEXO N°06	
		15cm	15cm
		5	6
		7	8
15cm	1		
15cm	2		
15cm	3		
15cm	4		
		60cm	
			60cm
ANEXO N°06			PLANTILLA DE REGATE FERROSCAN.

Fuente: Equipo de Investigación

16.14 FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE ENSAYO DE FERROSCAN

Anexo 8. Descripción ensayo ferrosan

<p align="center">GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES DESCRIPCION ENSAYO DE FERROSCAN</p>

ENSAYO ESCANEO N° ____

CUADRANTE	CANTIDAD	ESPESOR O DIAMETRO	OBSERVACIONES
1_5			
1_6			
1_7			
1_8			
2_5			
2_6			
2_7			
2_8			
3_5			
3_6			
3_7			
3_8			
4_5			
4_6			
4_7			
4_8			

Realizó: _____
c.c.

Recibido: _____
c.c.

Fuente: Equipo de Investigación

16.15 INSTRUCCIONES FORMATO DE DESCRIPCIÓN ENSAYO FERROSCAN.

El formato de ensayo para determinar el refuerzo esta esquematizado así:

16.15.1 Ensayo escaneo n° ____:

En esta parte se debe indicar el número del ensayo que se realizó según la numeración del formato de ensayo de Ferroskan (Anexo 04).

Dentro de la tabla de descripción se observan tres casillas básicas que indican las siguientes características:

16.15.2 Cuadrante

Aquí están marcadas las casillas según lo escaneado por el equipo y la plantilla de escaneo (Anexo N°04).

16.15.3 Cantidad

En esta casilla se debe indicar el número de barras de acero que muestra el escaneo para ese cuadrante.

16.15.4 Espesor o diámetro

En esta casilla como su nombre lo indica se debe escribir el espesor o el diámetro de las barras observadas para el cuadrante.

16.15.5 Observaciones

En el caso que exista algún elemento fuera de lo normalmente esperado de la observación, se debe hacer la aclaración detallada y la indicación de lo que se observa.

16.15.6 PROBLEMAS Y ERRORES

- La falta de conocimiento o capacitación por parte del consultor en el manejo de los equipos utilizados y de cómo se debe realizar correctamente los regates.

- Se incurre en errores de localización de refuerzo o de su profundidad si los equipos utilizados no se encuentran debidamente calibrados, respetando los estándares aplicados.
- Este tipo de ensayo puede resultar costoso puesto que el equipo que se debe utilizar es especial.

16.16 ENSAYO ESCLERÓMETRO

16.16.1 GENERALIDADES

Este ensayo está regido por la NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3692 1995-02-15, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO.¹⁵

Consiste en un ensayo no destructivo, basado en la determinación del índice de rebote, con el cual se estudia la homogeneidad del concreto, haciendo este ensayo en distintos puntos de la estructura de la edificación estudiada. El sitio donde se realiza este ensayo debe estar completamente libre de carbonatación, no debe presentar acero de refuerzo o ningún factor que pueda alterar la lectura del esclerómetro.

Principalmente, con este ensayo, se busca determinar la resistencia a la compresión en el concreto, pero los valores de estos se deben comparar con los resultados obtenidos en el ensayo de extracción de núcleos.

Se debe referenciar en planos los sitios en los cuales se desarrolle el ensayo.

Cada ensayo consta de la toma de 25 puntos. Se debe realizar un mínimo de 3 ensayos.

Se debe considerar siempre para este tipo de ensayo, que cada instrumento posee sus debidas tablas y gráficas, es decir, con las lecturas obtenidas en el esclerómetro (Índice de rebote), se obtiene un valor de resistencia aparente, leído en las tablas o graficas del instrumento.

El área para desarrollo del ensayo debe ser superior de 300mm x 300mm, y el espesor del elemento estudiado debe ser superior de 100mm.

Los principales factores que pueden llegar a afectar el ensayo del esclerómetro son:

¹⁵NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3692 1995-02-15, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete. Philadelphia. 1985. 2 p. (ASTM C805)

- Tipo de cemento usado durante la construcción.
- Geometría de la superficie estudiada.
- Dosificación de la mezcla.
- Granulometría.
- Carbonatación.
- Humedad.

El esclerómetro debe estar calibrado según lo especifica la Norma NTC 3692 basada en la ASTM E 177, para lo cual se debe usar un yunque para calibración de esclerómetro, certificado.¹⁶

El ensayo inicia escogiendo el área para efectuar el mismo, dicha área debe estar seca, libre de humedad, no debe presentar carbonatación, su apariencia debe ser uniforme, sin evidenciar agregados gruesos ni acero, puesto que los mismos pueden generar lecturas erróneas.

La superficie debe ser limpiada con una piedra abrasiva, posteriormente sobre la misma se deberá trazar una retícula de 250 mm x 250 mm con 16 espacios para igual cantidad de impactos, cada cuadrante debe tener 75 mm x 75 mm aproximadamente, y cada impacto deberá quedar separado 60 mm uno entre otro.

Una vez trazada la malla sobre la superficie a analizar, se realizan los impactos sobre cada uno de los puntos, el esclerómetro debe encontrarse perpendicular a la superficie de estudio, y se debe especificar la posición del esclerómetro con respecto al elemento estudiado, es decir, horizontal, vertical, orientado hacia arriba o hacia abajo, las distintas posiciones afectan los datos obtenidos. Se registran los valores obtenidos en cada una de las casillas del Formato Ensayo del Esclerómetro Anexo 7. Los valores que estén por encima de los valores medios, deberán ser descartados

El ensayo se debe descartar si más del 20% de los ensayos distan en más de 6 unidades del valor obtenido de la mediana.

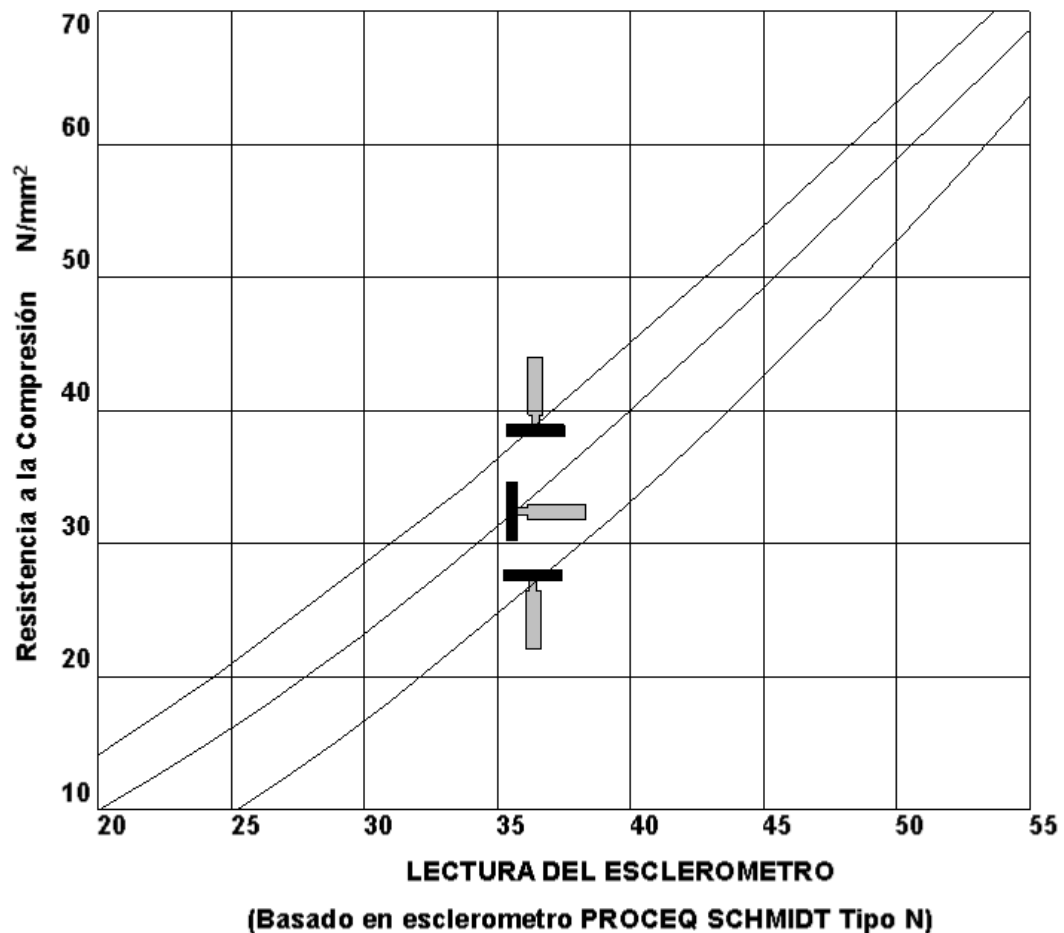
¹⁶NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3692 1995-02-15, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete. Philadelphia. 1985. 2 p. (ASTM C805)

Posteriormente se determina la mediana, con lo cual encontramos el índice de rebote, este valor debe ser un numero entero. Inicialmente se deberán disponer todos los valores n, resultados del ensayo de manera descendente, de mayor a menor, y se calcula el valor de la mediana. Se calcula entonces el valor de la mediana; para cantidad impar de ensayos será: $n+1/2$, donde n es la cantidad de ensayos. Para una cantidad par de ensayo será; la media aritmética de los dos valores centrales.

Una vez obtenido el valor de la mediana, se entra en la gráfica o tablas propias del instrumento, (Esclerómetro), y se lee el valor de resistencia a la compresión, en función de la posición en la que se desarrolló el ensayo.

Este valor se compara con los valores obtenidos en el ensayo de extracción de núcleos.

Figura 42. Lecturas del Esclerómetro.



Fuente: Equipo de Investigación.

Este ensayo se basa en la ASTM C 805 - 79 "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete".

Figura 43. Esclerómetro Digital.



Fuente: <http://www.gisiberica.com/escler%F3metros/escler%F3metros.htm>

A diferencia de los esclerómetros manuales, los esclerómetros digitales están provistos con una pantalla digital la cual recoge los valores máximos y mínimos de una serie de medidas establecidas por el investigador, este equipo establece automáticamente las desviaciones estándar y hace la corrección de la dirección del impacto dejando atrás posibles errores en la toma de las muestras con el equipo manual. Traduce los valores a medidas estándares de resistencia y todos sus resultados pueden ser organizados para su posterior presentación por medio de un PC.

Figura 44. Esclerómetro Manual.

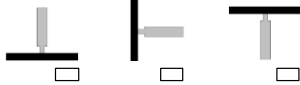

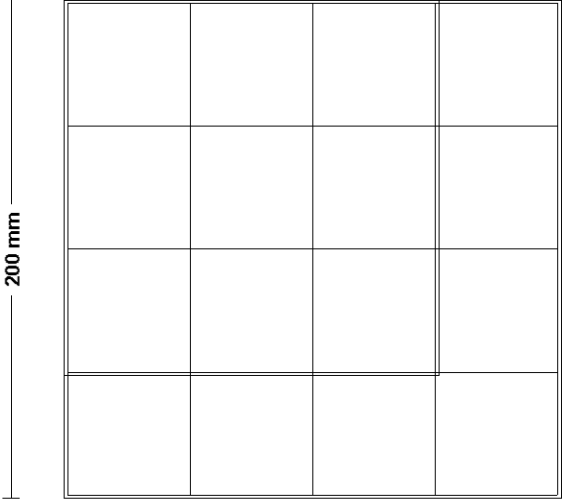


Fuente: <http://www.gisiberica.com/escler%F3metros/escler%F3metros.htm>

A diferencia del esclerómetro digital, este equipo debe ser maniobrado por el investigador directamente sobre el elemento y los datos arrojados son fiables dependiendo en la forma en la que sea utilizado para la prueba. Los datos deben ser analizados y desarrollados por el investigador.

16.17 FORMATO ESCLERÓMETRO

Anexo 9. Esclerómetro.

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES	
FORMATO ESCLEROMETRO	
INFORMACION CONSULTOR:	
Empresa: _____	Fecha: _____
Nombre: _____	Cargo: _____
Teléfonos: _____	Otros datos: _____
Supervisor: _____	
INFORMACION DEL PROPIETARIO	
Nombre Propietario _____	
C.C. _____	
Fecha _____	
Dirección _____	
Ciudad _____	
Teléfonos _____	
Recuerde:	
Esclerometro perfectamente perpendicular a la superficie.	
Revisar que no se evidencie agregados gruesos sobre la superficie en la que se realizara el ensayo.	
Elementos con dimensiones > 100 mm	
La superficie debe estar seca.	
Revisar Grafica o tablas propias del instrumento usado, para la interpretación de los valores.	
Elemento a estudiar:	
Columna	<input type="checkbox"/>
Viga	<input type="checkbox"/>
Losa	<input type="checkbox"/>
Localización: _____	
Nivel de piso: _____	
Se evidencia facilmente el acero de refuerzo.	
Si: _____ No: _____	
Realizar limpieza general	
Realizar limpieza con chorro a presión:	
Ensayo	
9 Impactos. _____	
16 Impactos. _____	
Equipo _____	
Usado: _____	
Marca: _____	
Referencia _____	
Posición:	
	
INFORMACION OBTENIDA:	
	
	
Realizó: _____	Recibido: _____
c.c.	c.c.

Fuente: Equipo de Investigación.

16.18 INSTRUCCIONES FORMATO ESCLERÓMETRO

Para el presente formato tener en cuenta:

16.18.1 Información consultor

En esta casilla se debe depositar la información de quien realiza la primera visita técnica, especificando la empresa a la cual pertenece, el nombre de quien realiza este primer acercamiento, su teléfono y otra información que se considere conveniente.

16.18.2 Información propietario

Se debe especificar la información general del propietario de la edificación, de ninguna manera se debe considerar para esta casilla información distinta de esta, es decir, de residente o encargados. Se debe corroborar esta información con documentos públicos pertinentes.

16.18.3 Elemento a estudiar

Se debe especificar cual elemento estructural se está estudiando, (ej.: viga, columna...), y su localización general en la edificación. Ejemplo: Viga B5 Nivel de Piso 2 (+3.50mts), es decir que el ensayo se realizó sobre el elemento viga localizado en el cruce de los ejes B y 5 del piso 2 que está a 3.50 mts del nivel 0 de la estructura.

16.18.4 PROBLEMAS Y ERRORES

La falta de experiencia y de conocimiento en el manejo de los equipos utilizados por parte del consultor.

La no adecuada calibración de los equipos utilizados.

La incorrecta posición de los equipos al momento de realizar las pruebas dentro de los marcos de seguridad para correctos resultados.

16.19 DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN DEL CONCRETO

16.19.1 GENERALIDADES

La carbonatación en el concreto es una de las patologías de mayor transcendencia, puede afectar en una enorme medida la estabilidad de la estructura, afectando directamente el acero de refuerzo. Su avance es lento, pero una vez que esta se genera, su reparación puede ser costosa y extenuante, por lo cual, debe ser tratada y evitar su progreso.

Este ensayo se puede realizar en las zonas donde se han hecho escarificaciones, pero en lo posible se recomienda normalmente que sea realizada a uno de los núcleos de cada grupo extraído de los diferentes elementos. Consiste básicamente en el cambio del pH en el concreto, desde la superficie exterior hasta el interior del elemento, logrando afectar de esta manera el acero de refuerzo, por lo cual afecta enormemente la estabilidad de la estructura, ya que se encarga de hacer que el acero cambie sus propiedades físicas y químicas, cambiando las propiedades con las que el mismo fue concebido.

El cambio en el pH del concreto se da cuando el material se encuentra en contacto con amplias cantidades de CO_2 Dióxido de carbono, generado principalmente por equipos mecánicos ligados al uso de la edificación, o a la atmosfera del lugar; el dióxido de carbono reacciona con la humedad contenida en el concreto, haciendo que pierda pH, cambiando el hidróxido de calcio a carbonato de calcio, es decir cambia de un pH 13.5-12.6 (normal) a uno 9.5 – 8.5 (carbonatado), lo cual está más cerca del pH neutro, de esta manera el concreto pierde la capacidad de proteger el acero de refuerzo, haciendo que este pueda llegar a sufrir corrosión.

Para determinar en qué pH se encuentra el concreto, se hace uso de la fenolftaleína, este es un compuesto químico que permite evidenciar en que pH se encuentra la superficie de concreto analizada. Esto se logra esparciendo fenolftaleína sobre la superficie estudiada, para ello se debe atomizar una solución de alcohol y fenolftaleína, a relación de 2% de fenolftaleína, una vez atomizada la superficie de concreto, se evidencia que color adquiere la superficie, y se compara con los siguientes rangos:

- Sin color: es una superficie carbonatada.
- Color fucsia intenso: superficie alcalina, protege el acero o esta pasivo.

Figura 45. Prueba de Fenolftaleína en núcleo de concreto.



Fuente: http://www.umbertoalesi.it/Umberto_Alesi_architetto_-_Italy/il_calcestruzzo_-_Umberto_Alesi_architetto.html

Figura 46. Prueba en falla de Columna.



Fuente: http://www.umbertoalesi.it/Umberto_Alesi_architetto_-_Italy/il_calcestruzzo_-_Umberto_Alesi_architetto.html

Anexo 10. Determinación de la carbonatación

Fuente: Equipo de Investigación.

16.21 INSTRUCCIONES FORMATO DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN

El formato para determinar el grado de la carbonatación del concreto, esta esquematizado así:

16.21.1 Información del consultor

En esta parte se deben consignar todos los datos de quienes realizan la visita de campo. Esta casilla tiene datos como la empresa, la fecha de la auscultación, el nombre de quien realiza el ejercicio, el cargo ocupado por el mismo, datos telefónicos, otros datos en caso de ser requeridos y por último el nombre del supervisor.

16.21.2 Información del propietario

En esta casilla se toma nota de los datos del propietario de la edificación, el cual contiene información personal de nombre, identificación, dirección de la edificación objeto de estudio, ciudad y teléfonos.

16.21.3 Elemento a estudiar

En esta casilla lo que se pretende es obtener los datos del elemento específico a analizar, por lo tanto se proponen 3 opciones que son: columna, viga o losa, cada una de ellas debe estar referenciada a su localización puntual, es decir, a sus ejes dentro del sistema estructural, basado en planos de levantamientos arquitectónicos o estructurales.

16.21.4 Equipo usado

En esta casilla lo que se busca es que el investigador haga referencia a la tabla FORMATO Anexo No.1, (FORMATO DE EQUIPO USADO), en la cual están contenidos todos los equipos que pueden ser utilizados en el estudio de determinación de la patología de las estructuras de concreto reforzado. Aquí deben quedar claramente indicados el nombre del equipo utilizado, dar claridad de si se encuentra o no calibrado y la fecha de su utilización.

16.21.5 Herramienta usada

En esta casilla deben quedar de igual manera que en la casilla anterior, haciendo referencia al Formato Anexo No. 1, en el cual están las herramientas necesarias

para la toma de las muestras y realización de las pruebas. Aquí debe quedar consignado el nombre de la herramienta y el código con el cual esta referenciada en el formato mencionado.

16.21.6 Descripción de la prueba de carbonatación

En esta casilla lo que se pretende es que quede indicados todos los datos necesarios de descripción de los núcleos usados para la prueba, dejando consignados datos y características como: El número del núcleo o nombre del mismo según como haya sido identificado por los investigadores, dar claridad en si presenta o no presenta carbonatación según la prueba de la fenolftaleína y por último se hace necesario para la prueba, resaltar los aspectos más relevantes observados una vez realizada la aplicación para cada núcleo.

16.21.7 PROBLEMAS Y ERRORES

- La inadecuada disposición y preparación de los elementos a los cuales se les debe realizar la prueba.
- La falta de conocimiento por parte del consultor de los pasos que se deben respetar siempre soportados en la normatividad que los rige, para hacer una prueba efectiva.
- La falta de conocimiento técnico para la correcta interpretación de los diferentes matices de coloración que presenten los elementos analizados.

16.22 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

16.22.1 GENERALIDADES

Debido a que no se tienen datos de los elementos que componen el concreto, ni de cómo fue su proceso de construcción, en un principio con el ensayo del esclerómetro se hace un estimado de la resistencia que posee el concreto pero no se debe tomar como la correcta o definitiva, para ello se realiza el ensayo de extracción de núcleos, se llevan los cilindros de la extracción al laboratorio y se les realiza el respectivo ensayo a compresión directa, los resultados arrojados por el esclerómetro deben ser comparados con los resultados del ensayo del laboratorio.

Para realizar este ensayo, primero se deben localizar las zonas donde se observa carbonatación de los elementos o donde se presenta a raíz de la disposición de los refuerzos un endurecimiento no uniforme del concreto o lecturas erradas del ferroskan. También en la zonas donde se puede ver comprometida la integridad de la estructura. Todas las extracciones se realizan según la norma técnica **NTC 3658**¹⁷ y sus respectivos ensayos deben ser realizados según la norma **NTC 673**.¹⁸

Tal como se indica en la norma, en los sitios donde se realizan las extracciones de los núcleos se debe hacer el correspondiente reemplazo del material con concreto epóxico y se debe entregar a satisfacción del propietario del inmueble.

¹⁷NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3658. 1994-11-23, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETO ASERRADAS. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. Esta norma es equivalente a su antecedente ASTM C42.

¹⁸NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 673 2010-02-17, CONCRETOS. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. Tercera actualización Editada 2010-02-26. Esta norma es una adopción idéntica (IDT) de la norma ASTM C39:2005, Copyright ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19429-2959. United States.

16.23 EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Figura 47. Extracción de Núcleo en Viga y Columna.



Fuente: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2003000200005&lng=en&nrm=iso&ignore=.html

Figura 48. Máquinas para extracción de Núcleo.



Fuente: <http://www.fijatec-sa.com/photos/extraccion-de-nucleos.jpg>

Se hace necesario saber con mucha exactitud la resistencia que presenta el concreto dentro de un sistema estructural, saber en qué estado se encuentra y conocer qué cargas se le pueden aplicar, para evitar cualquier tipo de evento que pueda afectar la integridad de todos los elementos que hacen parte del sistema estructural en el momento de una intervención.

Este ensayo se realiza una vez se han localizado los posibles puntos críticos de la estructura de concreto reforzado, donde ante cualquier tipo de evento se pueden generar

la mayor afluencia de cargas, tanto en elementos verticales como en los horizontales y que pueden estar expuestos o no a los agentes degradantes del ambiente.

Este ensayo se realiza con máquinas para extracción de núcleos que son taladros con características especiales. Para la extracción del núcleo se perfora con una copa alargada, penetrando al elemento según la profundidad requerida sin afectar la integridad funcional del sistema estructural, de esta forma se obtiene una probeta cilíndrica. Para cada punto de toma de muestras se deben realizar tres extracciones como mínimo para tener un promedio adecuado en los resultados de laboratorio. Es muy importante señalar que al realizar estas pruebas se cumplan con todas las normas de extracción y transporte de muestras de ensayos en situ que estipula la norma NTC 3658.¹⁹

La prueba de extracción de núcleos se realiza para determinar:

- El parámetro F'_c (resistencia a la compresión)
- El módulo de elasticidad.
- La profundidad de las fisuras que presentan los elementos.
- Comparación con otros frentes de daño.

¹⁹NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3658. 1994-11-23, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DENÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETOASERRADAS. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. Esta norma es equivalente a su antecedente ASTM C42.

Anexo 11. Formato Extracción de Núcleo.

INFORMACION CONSULTOR:

Supervisor: _____

Ensayo realizado:

Se evidencia facilmente el acero de refuerzo.

Realizar limpieza con chorro a presión:

ID	Nombre	Calibrado		Fecha
		sí	no	
1				__/__/__
2				__/__/__
3				__/__/__
4				__/__/__
5				__/__/__
6				__/__/__

ID	Nombre	Codigo
1		
2		
3		
4		
5		
6		

[illegible]

Recibido: _____
C.C. _____

16.25 INSTRUCCIONES FORMATO EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

El formato para la prueba de la extracción, esta esquematizado así:

16.25.1 Información del consultor

En esta parte se deben consignar todos los datos de quienes realizan la visita de campo. Esta casilla tiene datos como la empresa, la fecha de la auscultación, el nombre de quien realiza el ejercicio, el cargo ocupado por el mismo, datos telefónicos, otros datos en caso de ser requeridos y por último el nombre del supervisor.

16.25.2 Información del propietario

En esta casilla se toma nota de los datos del propietario de la edificación, el cual contiene información personal de nombre, identificación, dirección de la edificación objeto de estudio, ciudad y teléfonos.

16.25.3 Elemento a estudiar

En esta casilla lo que se pretende es obtener los datos del elemento específico a analizar, por lo tanto se proponen 3 opciones que son: columna, viga o losa, cada una de ellas debe estar referenciada a su localización puntual, es decir, a sus ejes dentro del sistema estructural, basado en planos de levantamientos arquitectónicos o estructurales.

16.25.4 Equipo usado

En esta casilla lo que se busca es que el investigador haga referencia a la tabla FORMATO Anexo No.1, en la cual están contenidos todos los equipos que pueden ser utilizados en el estudio de determinación de la patología de las estructuras de concreto reforzado. Aquí deben quedar claramente indicados el nombre del equipo utilizado, dar claridad de si se encuentra o no calibrado y la fecha de su utilización.

16.25.5 Herramienta usada

En esta casilla deben quedar de igual manera que en la casilla anterior, haciendo referencia al Formato Anexo No. 1, en el cual están las herramientas necesarias para la toma de las muestras y realización de las pruebas. Aquí debe quedar

consignado el nombre de la herramienta y el código con el cual esta referenciada en el formato mencionado.

16.25.6 Descripción de la prueba de extracción

Para esta casilla se busca dejar referenciados de forma clara cada núcleo extraído para su posterior relación en las pruebas de laboratorio, dejando consignados datos y características como: El número del núcleo o nombre del mismo según como haya sido identificado por los investigadores, las especificaciones de las dimensiones que tiene cada uno de ellos, la fecha en la cual fue realizada la extracción y por ultimo para la prueba, resaltar los aspectos más relevantes observados una vez realizada la extracción de cada núcleo.

PROBLEMAS Y ERRORES

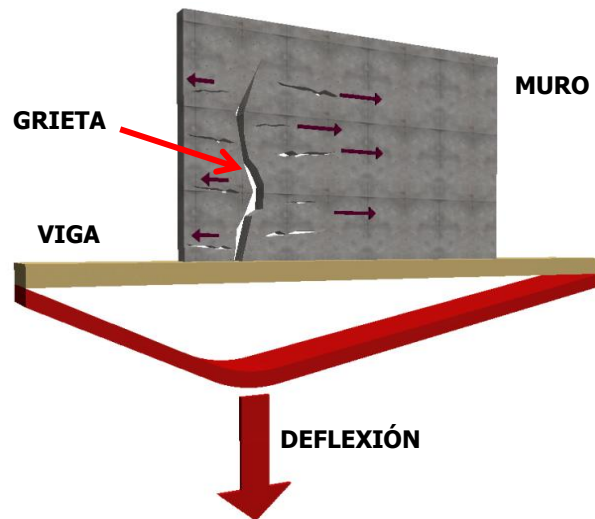
- La falta de conocimiento técnico por parte del consultor en cuanto al comportamiento de la estructura o elemento objeto de estudio, da lugar a la incorrecta localización dentro del mismo para la toma de las muestras.
- El mal estado de los equipos utilizados para la extracción, pueden poner en riesgo la salubridad de las muestras y del equipo consultor.
- El incorrecto tratamiento, manejo y transporte de los elementos extraídos, pueden afectar significativamente el resultado de las pruebas de laboratorio.

16.26 GRIETAS Y FISURAS

16.26.1 GENERALIDADES

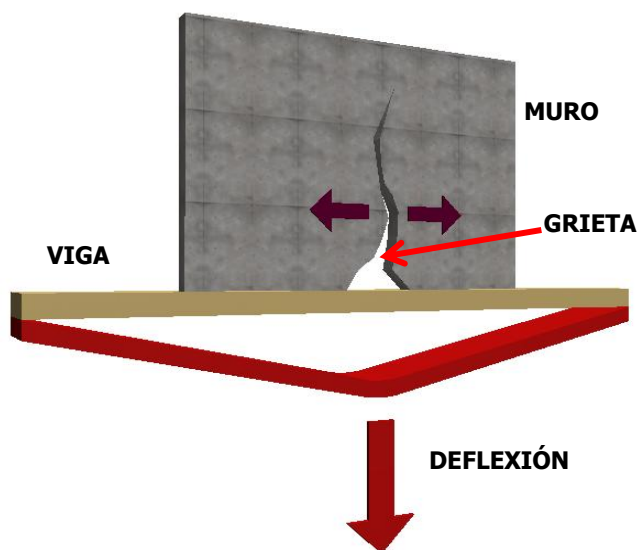
A continuación se presentan algunos de los casos más comunes de grietas y fisuras.

Figura 49. Grietas por Asentamiento Puntual.



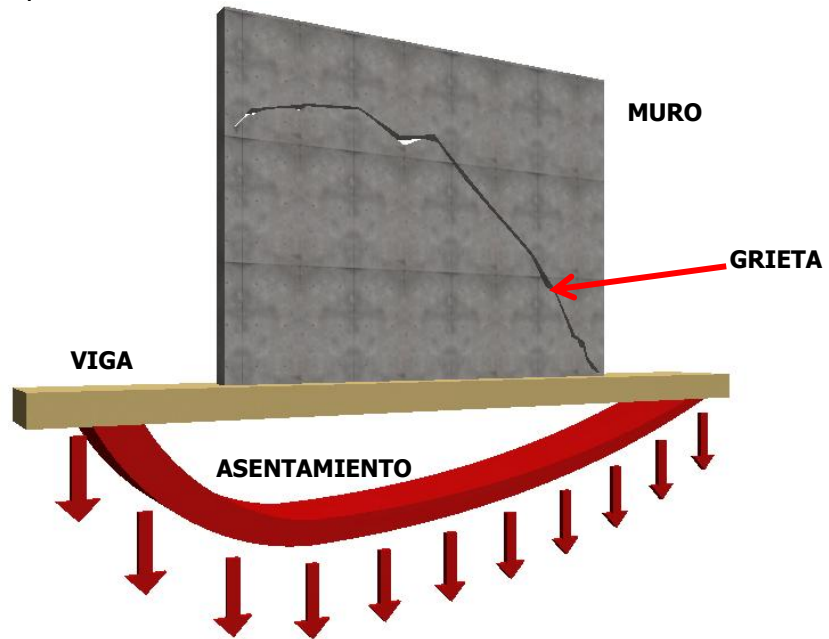
Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 50. Grietas por Asentamiento Puntual Central.



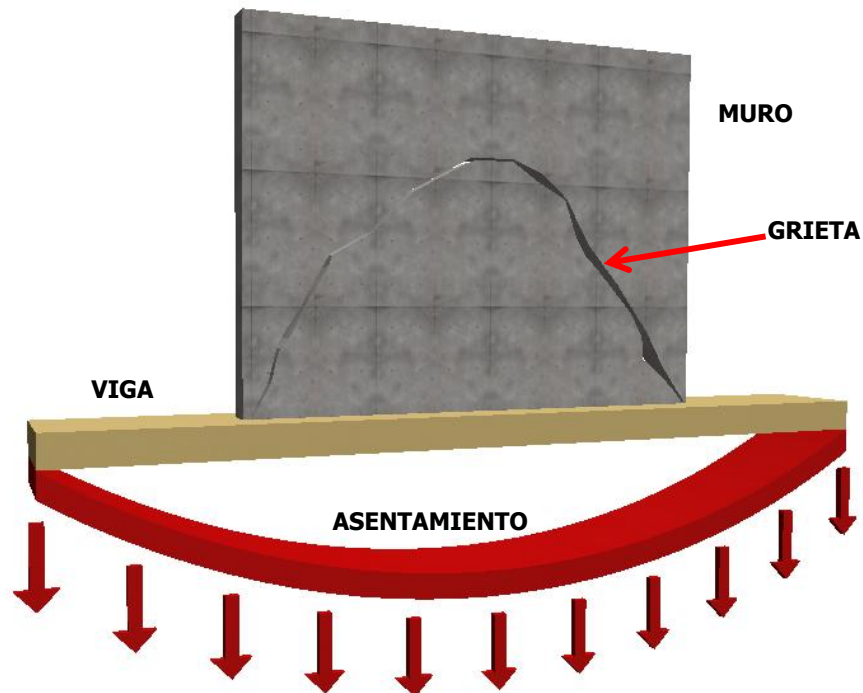
Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 51. Grietas por asentamiento Distribuido.



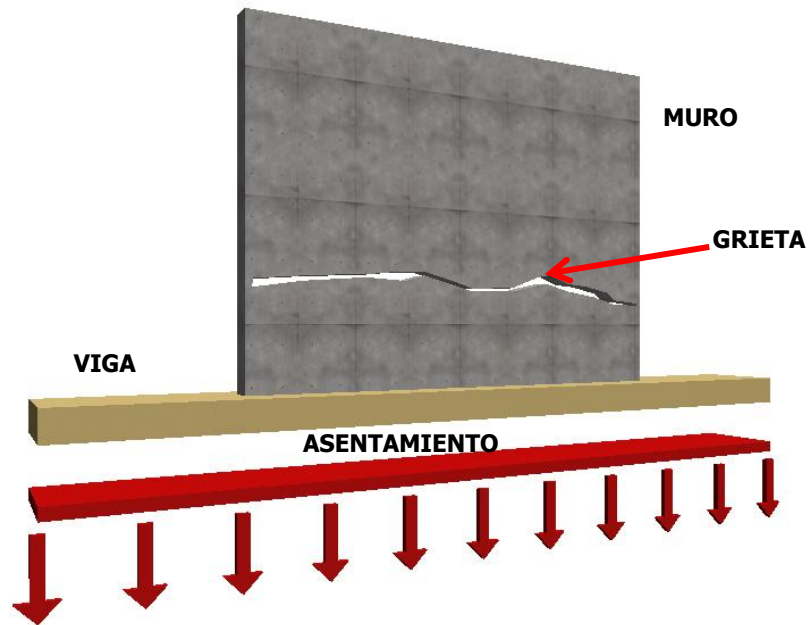
Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 52. Grietas por Asentamiento Distribuido Central.



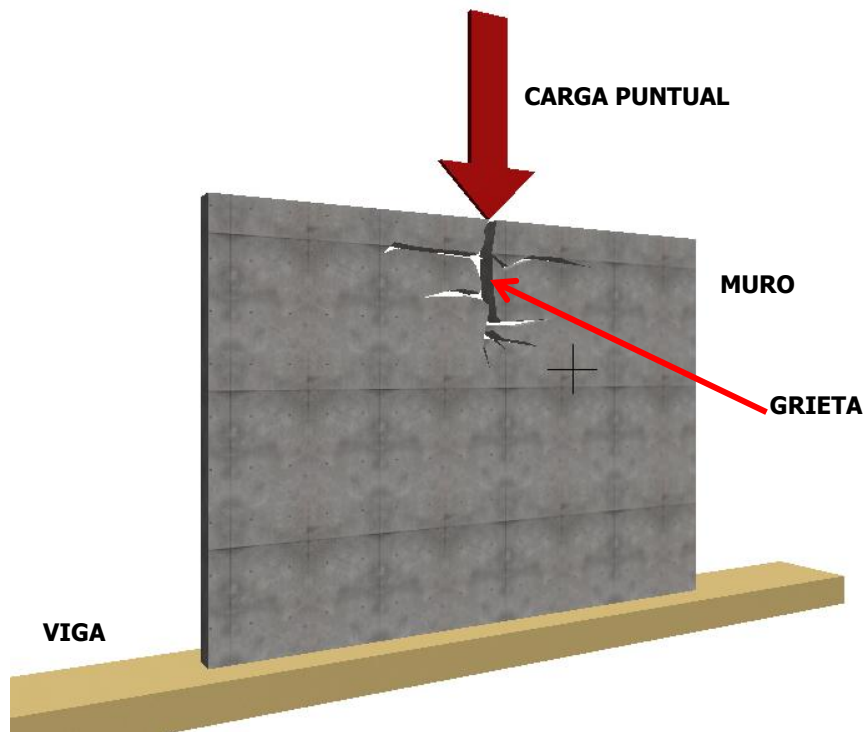
Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 53. Grietas pos Asentamiento Uniforme.



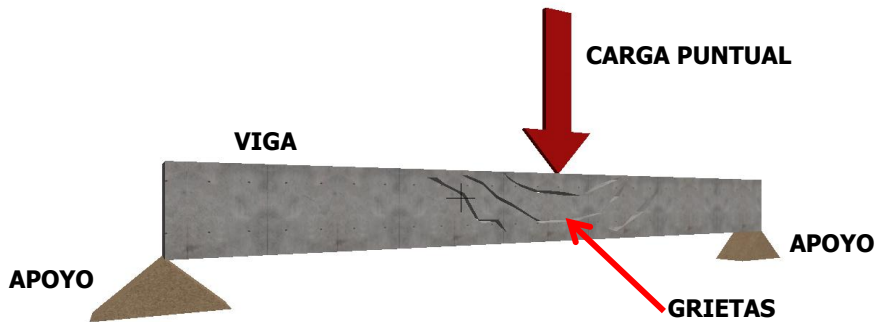
Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 54. Grieta por carga Puntual.



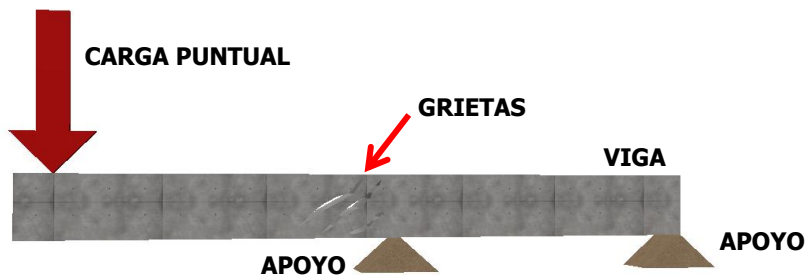
Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 55. Grieta por carga puntual en Vigas (Falla por Flexión).



Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 56. Grietas Por carga puntual en Vigas (Falla por Cortante).



Fuente: Equipo de Investigación.

Inicialmente se debe entender el concepto de deformación, antes empezar a hablar de grietas y fisuras, dado que las mismas son producto de una deformación en la estructura. Entiéndase por deformación, cualquier alteración del estado normal de una edificación, producido principalmente por un esfuerzo mecánico, los mismos se pueden producir durante o después de la construcción.

Al referirnos a grietas y fisuras, se debe entender que las mismas hacen parte de conceptos de deformaciones mayores en la edificación, los cuales son:

Desplome.

Flecha.

Pandeo.

Torsión.

Desplome: Se refiere a la alteración de un estado inicialmente vertical, a otro en el cual se evidencia el desplazamiento de la parte superior del mismo elemento. Por lo general este desplazamiento es generado por fuerzas horizontales.

Flecha: Se evidencia en vigas y placas de piso principalmente, se refiere a la flexión de estos elementos, generado normalmente por cargas mayores a las estimadas en los diseños. Esta deformación se debe controlar para evitar problemas de funcionalidad en la edificación.

Pandeo: Se genera cuando la carga aplicada a un elemento vertical es superior a su capacidad, haciendo que se dé un esfuerzo de compresión, evidenciándose una deformación en la verticalidad del elemento.

Torsión: Se presenta cuando la combinación de fuerzas horizontales provoca una rotación sobre un eje en el elemento vertical.

De cualquier manera se debe buscar evitar cualquiera de las deformaciones mencionadas, y la posterior aparición de grietas y fisuras, puesto que estas a su vez pueden terminar generando desprendimientos de la estructura, sin garantizar la seguridad de los habitantes de la edificación.

También es posible que se genere una deformación producto de un movimiento generalizado de la edificación, por problemas en el suelo o en la cimentación. Se deberá entonces identificar este tipo de inconveniente, para tomar las medidas respectivas con el suelo o la cimentación.

16.27 PRINCIPALES CAUSAS PARA LA APARICIÓN DE GRIETAS Y FISURAS:

- Carga mayor a la capacidad del elemento estructural; muy común cuando se da un cambio de uso a la edificación, y el nuevo uso, trae una demanda mayor a la edificación, para la cual no está diseñada.
- Inadecuada transmisión de cargas a la edificación, haciendo que la estructura no trabaje adecuadamente, y se den elementos, estructurales o no estructurales, sobrecargados.
- Fallas de diseño o de construcción del edificio.
- Inadecuada mantenimiento, generando poca conservación del edificio.

16.27.1 De acuerdo a su tamaño las fisuras y grietas se clasifican en:

- Micro fisuras: Son imperceptibles al ojo humano.
- Fisuras: Poseen un ancho mayor de 1 milímetro, por lo general no comprometen el estado de la edificación.
- Grietas: La grieta por el contrario, es de más de 1 milímetro de grosor.

Se pueden presentar grietas en los elementos estructurales de concreto reforzado, por varios factores; entre los cuales encontramos:

- Homogeneidad de la mezcla. La aparición de grietas y fisuras debidas a cargas; están fuertemente ligadas a las propiedades físicas del material (resistencia), o también se pueden producir por el exceso o falta de agua en la mezcla.
- Propiedades mecánicas del concreto: Cuando el elemento alcanza las resistencias para las cuales ha sido diseñado, una carga adicional podrá generar deformaciones y generar la aparición de grietas y fisuras.
- Elongabilidad: Se refiere a una característica físico química del concreto, ligada fuertemente a la relación agua cemento, por medio del cual el concreto posee la

capacidad de alargarse sin quebrarse. Normalmente, se relaciona el concepto de elongabilidad con el de ruptura por tracción (tensión), y este valor es de 0.01% a 0.015%.

- Geometría del elemento estructural: Dependiendo de la geometría del elemento estructural, este será más rígido o inestable, repercutiendo en la aparición de grietas y fisuras.

16.28 CLASES DE GRIETAS Y FISURAS

Es adecuado clasificar las grietas y fisuras de acuerdo a su origen y falla provocada, de esta manera encontramos:

16.28.1 - Fisuras por asentamiento plástico

Por lo general no comprometen la estabilidad estructural de la edificación, a no ser que al darse, quede expuesto el acero de refuerzo, con lo cual se pueda generar un contacto del mismo con la atmosfera, y generar su oxidación. En estas fisuras se habla de asentamiento, ya que son producidas por un asentamiento del concreto, debido al peso propio o a la geometría del elemento. También pueden ser producidas por falta de vibración después de vertida la mezcla. Las fisuras son superficiales de poca profundidad y extensas.

16.28.2 - Fisura por corrosión del acero de refuerzo

Se produce cuando el acero de refuerzo del elemento estructural sufre oxidación, esta genera tensión sobre el interior del elemento estructural, haciendo que la fisura se de en la misma dirección del acero de refuerzo, por lo general, el acero longitudinal. Más que encontrarse en la dirección del acero, estas fisuras se encuentran en la dirección de la fuerza actuante.

16.28.3 - Fisura por retracción térmica

Son muy comunes en losas de entrepisos y de contrapiso. Por lo general son lineales, y se producen, entre otras cosas, debido a una disposición ineficaz de las juntas de construcción y carencia de acero adecuado para el fraguado del concreto. Es decir, no se contemplan los cambios volumétricos en el concreto producidos por los cambios de temperatura.

Otra consecuencia para la aparición de estas fisuras, es debido a la ineficiencia del concreto para absorber los esfuerzos de tensión de tracción generados por la edificación.

16.28.4 - Fisura por Contracción térmica temprana

Se refiere a una fisura por retracción térmica generada después de los 7 días de ser vaciado el elemento de concreto reforzado.

16.28.5 - Fisura por retracción de secado a largo plazo

Son fisuras cuya geometría es lineal, no ramificada, producto de la combinación de los esfuerzos de tensión generados por el peso propio del elemento del concreto al sufrir cambios volumétricos, producto del fraguado.

16.28.6 - Fisura superficial con forma de mapa: (Afogado)

Se refiere a una fisura tipo de retracción plástico superficial; posee forma de red, malla o mapa y se manifiesta sobre la superficie del elemento de concreto.

16.29 - FISURAS POR ACCIONES MECÁNICAS

16.29.1 - Por Flexión

Está fuertemente relacionada al acero de refuerzo que posee el elemento estructural. Se puede dar: Simple o combinada; en la flexión simple, solo se dan fisuras, producto de esfuerzos axiales solamente, mientras que en la combinada, los esfuerzos axiales se combinan con esfuerzos de cortante. En las fisuras por flexión simple, las mismas son lineales, adquieren la dirección de la carga que genera la fisura, estas solo se aprecian en la zona de tensión del elemento estructural no en la zona de compresión.

Figura 57. Falla por flexión.

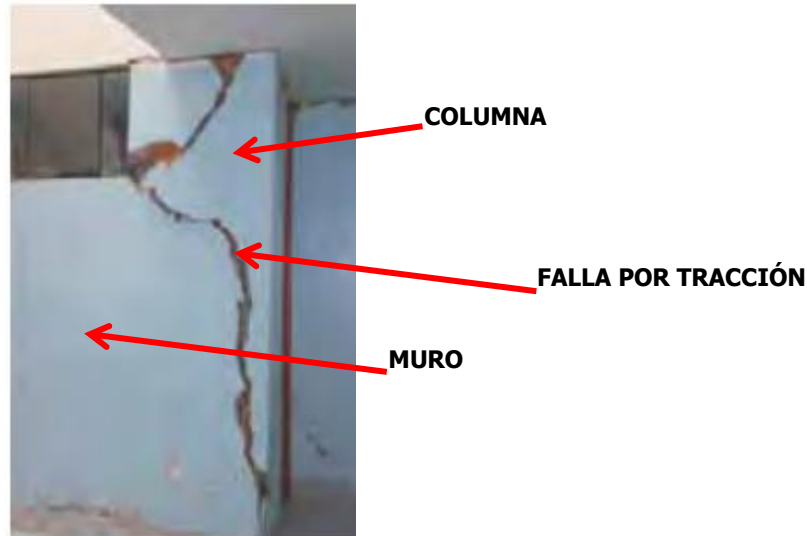


Fuente: <http://www.ingenieria.unam.mx/~deptoestructuras/labmateriales/flexionycortantematII.htm>

16.29.2 - Por Tensión

Este tipo de fisura es controlada o evitada por el acero de refuerzo, su aparición evidencia una falla en este. Son fisuras perpendiculares a la dirección de la fuerza actuante que genera la fisura.

Figura 58. Falla por tracción.



Fuente: <http://www.pnud.org.pe/data/publicacion/ManualReparacionAlbanileria2.pdf>

16.29.3 - Por Compresión

A diferencia de las fisuras por tensión, estas son paralelas a la dirección de la fuerza actuante, no son lineales ya que el concreto no es del todo homogéneo. Estas fisuras indican la posibilidad de pandeo en el elemento estructural analizado. En la siguiente figura, se muestra el ensayo a la compresión de l concreto.

Figura 59. Ensayo de Compresión en Cilindro de Concreto.

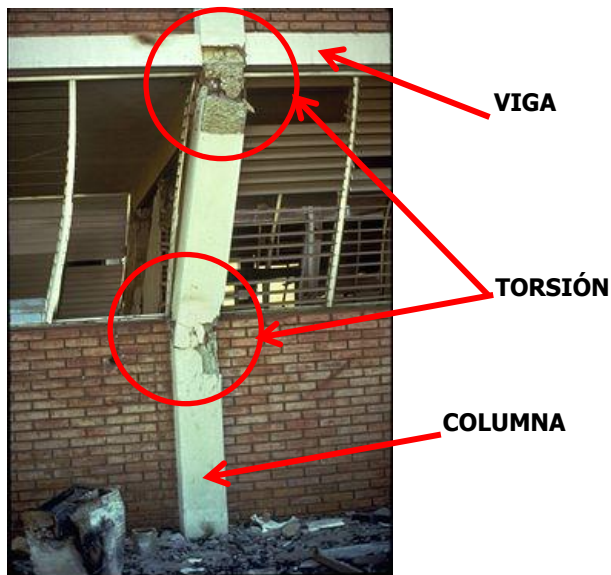


Fuente: <http://icc.ucv.cl/hormigon/fotostesis.htm>

16.29.4 - Por Torsión

Estas fisuras se dan en elementos sometidos a tensión, combinado con rotaciones producidas por movimientos sísmicos, geometría y peso de la edificación. Las fisuras adquieren una dirección por lo general de 45°

Figura 60. Torsión en Columna, causada por irregularidad en planta.



Fuente: <http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/2010/03/observaciones-sobre-el-comportamiento.html>

16.29.5 - Por Cortante

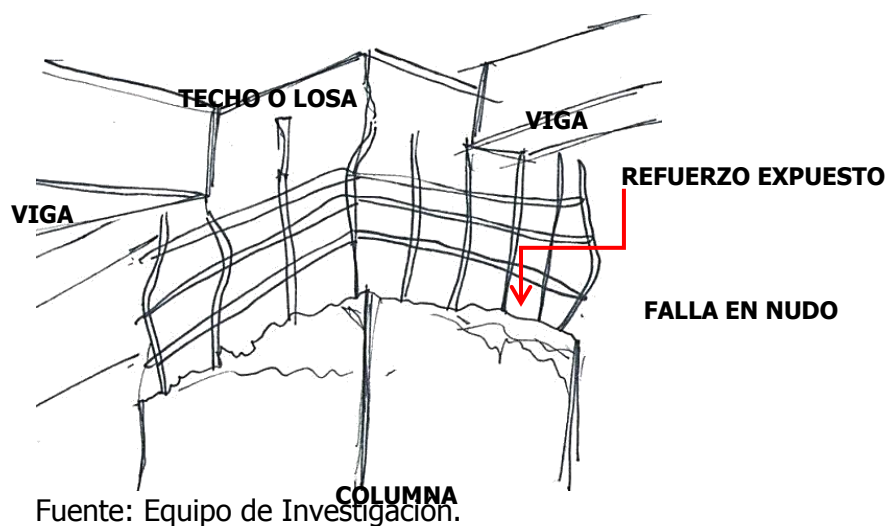
Son fisuras referidas al esfuerzo cortante que absorbe en acero de refuerzo transversal. Se da cuando el elemento de concreto reforzado posee baja resistencia a tracción, estas fisuras se dan en los extremos del elemento afectado, y poseen tendencia a dividir dicho elemento.

Figura 61. Falla por Cortante en nudo y en columna.



Fuente: http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/2010_02_22_archive.

Figura 62. Ilustración daño en nudo de columna.



Fuente: Equipo de Investigación.

16.30 FACTORES DE RIESGO QUE PUEDEN PRODUCIR UNA PATOLOGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.

Para entender los diferentes factores de riesgo, que pueda llegar a determinar una patología estructural, se debe entender inicialmente el significado de factor de riesgo y su diferencia con respecto a los términos: pronóstico de patología y marcador de peligro o riesgo.

Los factores de riesgo se refieren a cualquier variable que se encuentre en el contexto o medio de la edificación, o que se da durante el desarrollo de la construcción de la misma. Variables en el contexto como: humedad, temperatura, sismicidad de la zona, climatología, uso de la edificación o variables en el proceso constructivo como lo son: proceso constructivo, materiales usados durante la construcción, calidad de los profesionales que intervienen en la construcción u otros.

Los pronósticos de una patología se dan después de que la misma ya está definida, y se refiere principalmente al pronóstico de las circunstancias que se han de dar posteriormente, como: grietas más pronunciadas, colapso, etc.

Los marcadores de peligro son variables propias de cualquier estructura, más que de cualquier patología, es decir, que toda estructura posee marcadores de peligro o riesgo, y es necesario identificarlos y evaluarlos. Como marcadores de riesgo encontramos: edad de la construcción, uso, localización, etc. Se puede decir entonces que un marcador de riesgo se puede volver un factor de riesgo, y posteriormente generarse el pronóstico de una patología.

Es importante abordar un factor de riesgo, que es común en Colombia, y se debe abordar para distintas estructuras y hechos. Se trata de la situación de orden público del País; en este caso, es necesario hablar del factor humano y social.

Se deben abordar entonces: Factores humanos y sociales, Factores técnicos constructivos, Factores ligados al contexto.

17 TRATAMIENTOS.

17.1 GENERALIDADES

A continuación se presentan los tratamientos más usuales para enfrentarse a una patología en estructuras de concreto reforzado, de cualquier manera, se hace necesario realizar un análisis minucioso por parte del profesional pertinente acerca de los resultados obtenidos en los debidos ensayos. Se deben realizar los cálculos necesarios para determinar la capacidad real del elemento estructural o del conjunto en general.

Es necesario consultar en el mercado los productos disponibles para realizar cualquier tratamiento sobre superficies o elementos de concreto que se encuentren deteriorados.

Si en cualquier caso se obtienen valores para la resistencia del concreto o del acero por debajo de las exigidas por la ley, o incapaces de cumplir la demanda impuesta, se deberá hacer un reforzamiento de la estructura afectada, el diseño del mismo se deberá de realizar por un profesional capacitado para tal fin.

Lo que se busca principalmente con los tratamientos es generar la protección necesaria de la estructura contra los agentes que puedan afectar a los elementos del sistema que estén expuestos.

Básicamente existen dos tipos de sistemas de protección para las estructuras de concreto reforzado, y son los revestimientos con elementos de gran espesor y pinturas de protección, estos son aplicables para nuevas estructuras o para las estructuras antiguas en la que sea necesaria la intervención.

Los revestimientos se utilizan cuando la patología de la estructura se presenta por causas mecánicas o químicas en las que se observan desprendimientos en los elementos del sistema estructural primario.

Las pinturas de protección se utilizan más como un medio de prevención y se pueden encontrar dos tipos de sistemas de pinturas que son:

- Revestimientos hidrófugos de poro abierto.
- Revestimientos impermeabilizantes con formación de película.

Estos sistemas de protección también deben ser resistentes a la intemperie, evitar la aparición de hongos y bacterias en las superficies donde se aplican, deben tener un poco de resistencia mecánica, pequeños movimientos o golpes directos, deben presentar resistencia a la foto degradación y lo más importante debe proveer resistencia química, para que no aparezcan fluorescencias en el concreto.

17.1.1 Pinturas hidrofugantes

Este tipo de pinturas lo que hacen sobre la superficie del concreto es impedir el paso del agua pero si permiten que se filtren gases y vapores de agua.

17.1.2 Pinturas impermeabilizantes

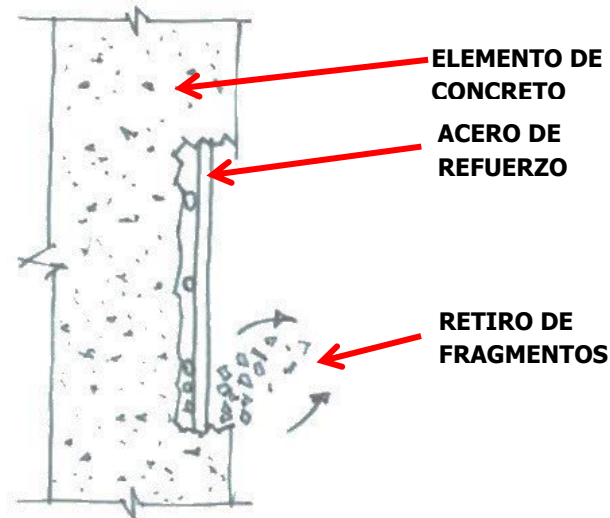
Estas pinturas lo que hacen es reducir por completo el paso de agua, gases y de vapores de agua hacia el interior del elemento de concreto.

17.2 SANEADO SOBRE SUPERFICIES EN LAS CUALES SE EVIDENCIA EL ACERO DE REFUERZO

17.2.1 Paso 1.

Se debe realizar una limpieza exhaustiva del sitio tratado, con el fin de retirar completamente el área donde se encuentran los fragmentos de concreto carbonatada o deteriorada, dejando expuesto el acero de refuerzo, se debe verificar si el mismo se encuentra corroído; se debe conservar un área por lo menos 10 cm alrededor de la superficie de acero afectada. Este trabajo se realiza por medios manuales o mecánicos para el retiro de los fragmentos. En la siguiente figura se indica el saneado del acero de refuerzo

Figura 63. Paso 1.Retiro de fragmentos para ver el acero refuerzo estructural.

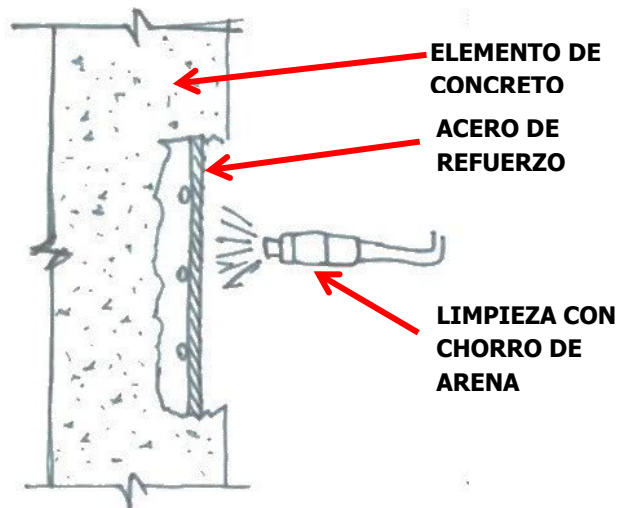


Fuente: Equipo de Investigación.

17.2.2 Paso 2.

Se debe sanear por completo las superficies de acero que se encuentren corroídas, para tal fin se puede hacer uso de métodos manuales, como limpieza con cepillo de alambre, o métodos mecánicos como lo puede ser la limpieza con chorro de arena y agua. Sanear el acero de refuerzo permite identificar de manera más efectiva si el mismo se encuentra en alto grado de deterioro, permitiendo determinar el grado de salubridad del elemento y su afectación dentro del sistema al que pertenece. En la siguiente figura se muestra cómo se puede realizar la limpieza del acero de refuerzo.

Figura 64. Paso 2. Limpieza del acero de refuerzo estructural.

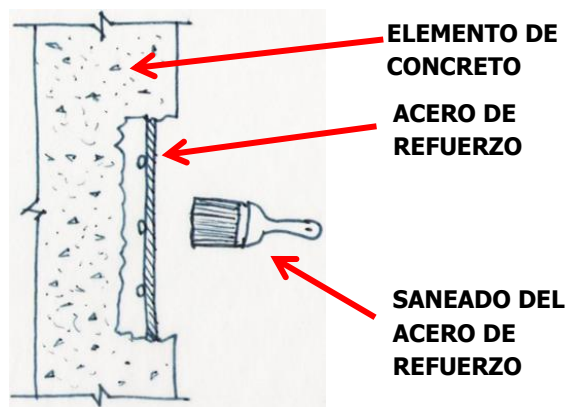


Fuente: Equipo de Investigación.

17.2.3 Paso 3.

Se aplica sobre el elemento de acero expuesto, un producto epóxico, que garantice la repasivación del acero de refuerzo. Se debe consultar en el mercado los diferentes productos para tal fin, y sus características, propiedades y recomendaciones. Esta aplicación puede ser manual con brocha o mecánico con compresor y pistola da aire.

Figura 65. Paso 3. Saneado refuerzo acero con productos epóxicos.

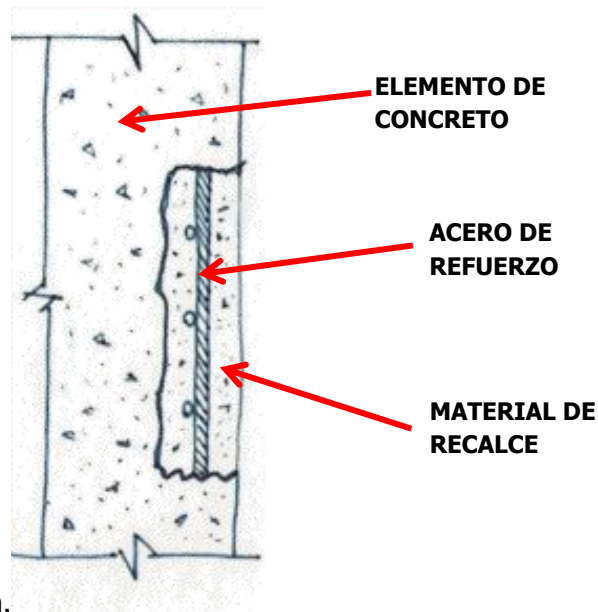


Fuente: Equipo de Investigación.

17.2.4 PASO 4.

Se debe realizar una recuperación de la sección de concreto retirada, para tal fin, es necesario hacer uso de productos tipo epóxico y aditivos de concreto que garanticen la durabilidad de la misma y la adherencia a la mezcla anterior. De igual manera se debe revisar el estado en el cual se encuentra el acero retirado, de presentarse un estado evidentemente deteriorado, se debe reemplazar la pieza, las recomendaciones y pasos a seguir para tal fin se deben consultar con un profesional adecuado.

Figura 66. Paso 4. Recalce sobre el acero de refuerzo.



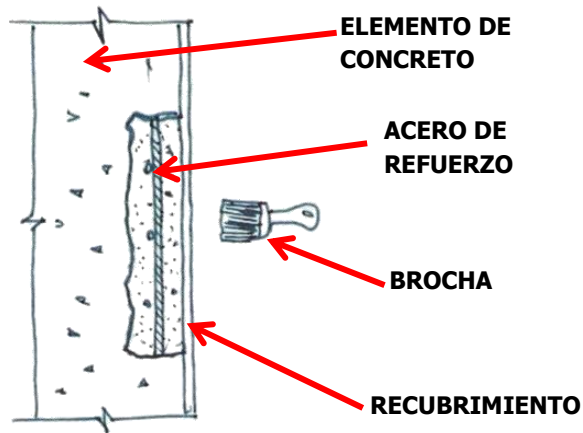
Fuente: Equipo de Investigación.

17.2.5 Paso 5.

Se deben aplicar capas de recubrimiento acrílico, para garantizar una protección anti carbonatación, puesto que el elemento es altamente susceptible de sufrir nuevamente esta patología.

Los productos aplicados deben ser de alta durabilidad, elástico, y resistente a la intemperie, con capacidad de llenar fisuras.

Figura 67. Paso 5. Aplicación de recubrimiento.



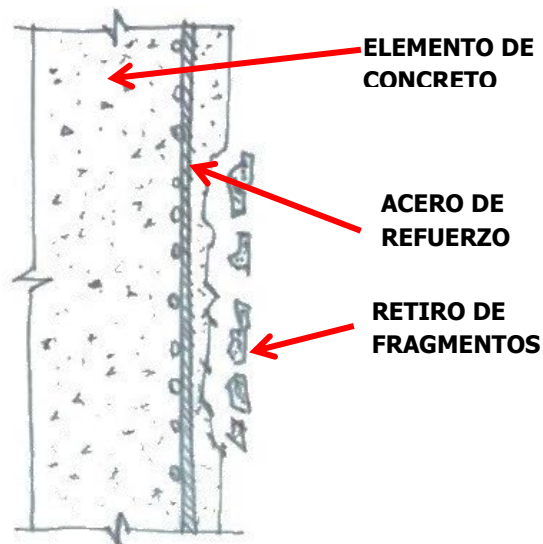
Fuente: Equipo de Investigación.

17.3 SANEADO SOBRE SUPERFICES EN LAS CUALES NO SE EVIDENCIA EL ACERO DE REFUERZO

17.3.1 Paso 1.

Se debe retirar por completo la superficie carbonatada, para tal fin, se debe chequear constantemente la misma con fenolftaleína, y limpiar constantemente con chorro de arena y agua hasta llegar a una superficie adecuada.

Figura 68. Paso 1. Retiro de fragmentos carbonatados.

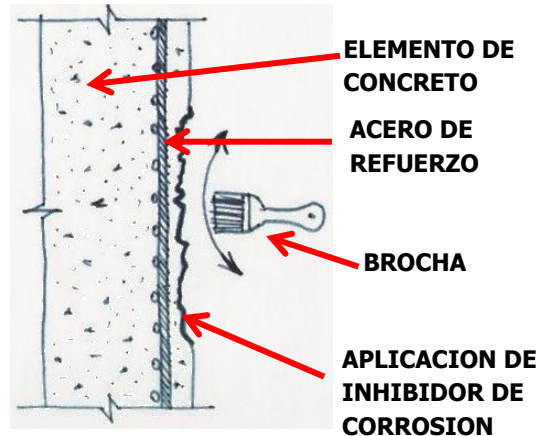


Fuente: Equipo de Investigación.

17.3.2 Paso 2.

Ahora es necesario garantizar que el acero de refuerzo no llegue a ser corroído por un efecto migratorio generado desde la superficie carbonatada retirada, para tal fin, es necesario aplicar un inhibidor de corrosión migratorio, se debe aplicar sobre la superficie afectada y posteriormente seguir las recomendaciones del fabricante.

Figura 69. Aplicación de inhibidor de corrosión.

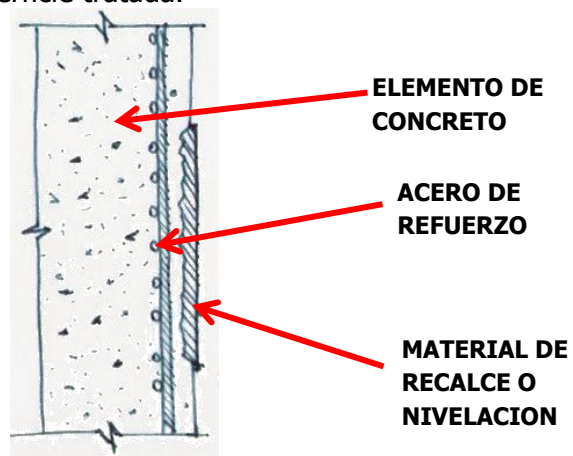


Fuente: Equipo de Investigación.

17.3.3 Paso 3.

Se debe proceder a nivelar la superficie intervenida, para tal fin, se aplica un revestimiento en mortero tixotrópico, de granulometría fina y compuesto por tres componentes: resinas, epóxicos y cemento. Se deben seguir todas las recomendaciones del fabricante.

Figura 70. Paso 3. Nivelación de superficie tratada.



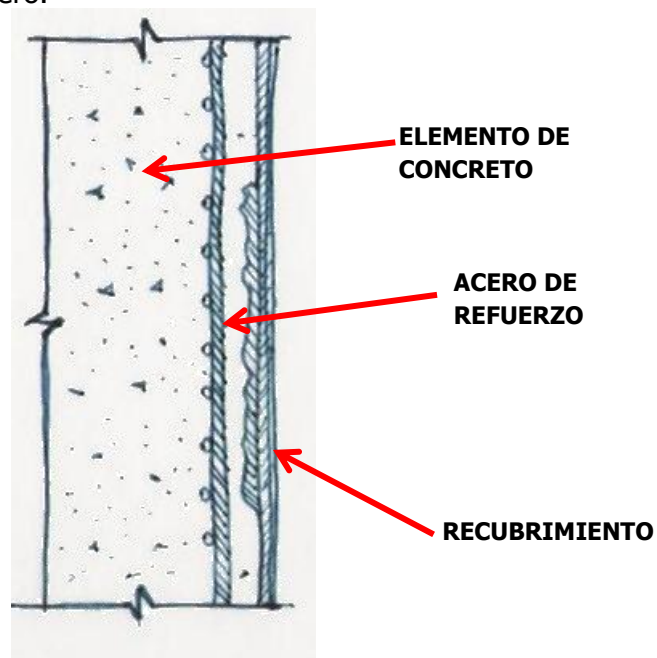
Fuente: Equipo de Investigación.

17.3.4 Paso 4.

Se deben aplicar capas de recubrimiento acrílico, para garantizar una protección anti carbonatación, puesto que el elemento es altamente susceptible de sufrir nuevamente esta patología.

Los productos aplicados deben de ser de alta durabilidad, elástico, y resistente a la intemperie, con capacidad de llenar fisuras.

Figura 71. Paso 4. Saneado Mortero.



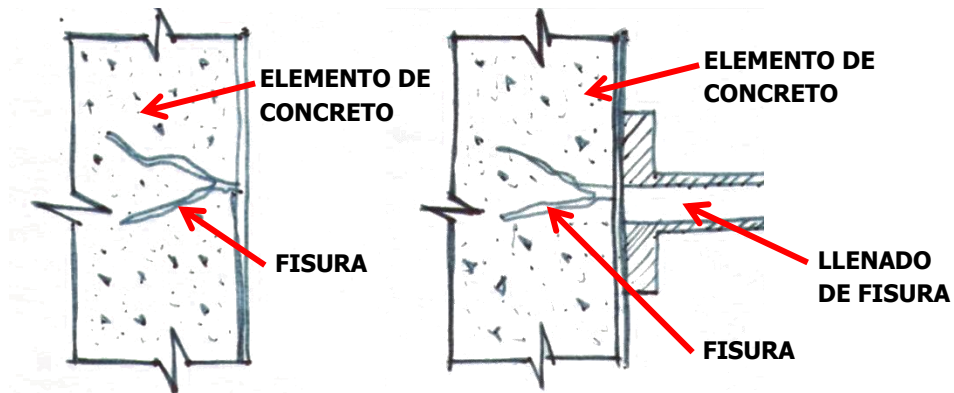
Fuente: Equipo de Investigación.

17.4 LLENADO DE FISURAS POR MEDIO DE INYECCIÓN DE EPÓXICO

17.4.1 Paso 1.

Se debe realizar una limpieza exhaustiva de la zona a intervenir, dicha limpieza se debe de realizar con chorro de aire a presión para garantizar una zona homogénea. A continuación se ilustra un proceso de lleno de fisuras.

Figura 72. Paso 1. Llenado de Fisuras.

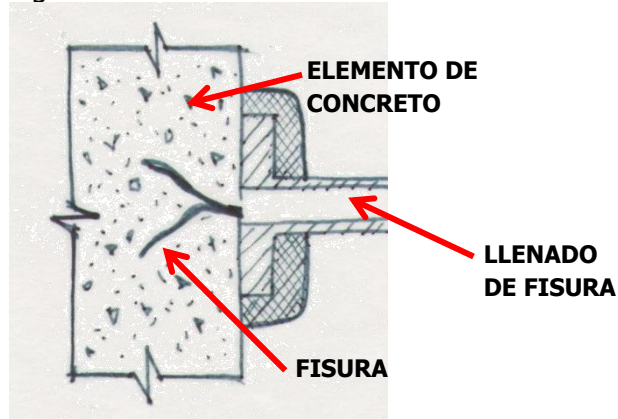


Fuente: Equipo de Investigación.

17.4.2 Paso 2.

Injectar resina epoxica de baja viscosidad, para tal fin, hacer uso de los equipos necesarios para garantizar la penetración del producto, seguir las recomendaciones del fabricante.

Figura 73. Paso 2. Llenado de Fisuras.



Fuente: Equipo de investigación.

18 CONCLUSIONES.

El desarrollo de este documento investigativo y de su producto final, la guía metodológica, permitió tomar los aspectos más relevantes y significativos de los procesos y elementos que comprenden la identificación, análisis y tratamientos de las diferentes patologías que pueden afectar las estructuras de concreto reforzado.

El seguimiento de los procesos comprendidos dentro de la guía metodológica ayuda de manera significativa a los profesionales de la construcción no especializados en la materia, para que puedan desarrollar de manera efectiva y segura un primer acercamiento al diagnóstico de una patología que afecte una estructura de concreto reforzado.

Es importante resaltar que el uso de la guía es una aproximación a algunos de los principales procedimientos que se deben llevar a cabo dentro de un estudio de patología a estructuras de concreto reforzado, explicando los pasos a seguir para la identificación de los distintos síntomas.

Con la guía se logra identificar las características de las diferentes patologías que se pueden presentar en una estructura de concreto reforzado, logrando aclarar diferentes factores de riesgos que le permiten al investigador tomar las decisiones según los conceptos previos consignados en el documento, para hacer las recomendaciones y formular los tratamientos adecuados que sean aplicables al caso de interés.

19 BIBLIOGRAFÍA.

- ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS 20110. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Decreto 926 de 2010 y 092 de 2011, Santa Fe de Bogotá, 2011.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3692 1995-02-15, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete. Philadelphia. 1985. 2 p. (ASTM C805).
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3658. 1994-11-23, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETO ASERRADAS. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435. Esta norma es equivalente a su antecedente ASTM C42.
- Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción (E-Book)
http://www.ebook3000.com/dictionary/Enciclopedia-Broto-de-Patologias-de-la-Construccion_121154.html.
- GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, Junio de 2004.
- http://2.bp.blogspot.com/_945XKA76GHw/S8gcWq95TJI/AAAAAAAAAGo/_F5V6WG0ZmE/s1600/casa_de_la_cascada.jpg. Consulta Enero 17 de 2012.
- <http://tectonicablog.com/?p=11894>. Consulta Junio 20 de 2011.
- <http://www.ecoarqpanama.com/inspeccion-tecnica-de-gestion-de-calidad-durante-la-ejecucion-de-obra>. Consulta Febrero 05 de 2012.
- http://humipro.com/?page_id=79. Consulta Febrero 05 de 2012.
- <http://www.contrahumed.com/condensacion.html>. Consulta Febrero 05 de 2012.

- <http://www.goteras.net/humedades.htm>. Consulta Febrero 05 de 2012.
- <http://www.murprotec.es/sala-de-prensa/las-sales-higroscopicas-de-la-humedad-contaminan-las-paredes-de-las-viviendas.html>. Consulta Febrero 05 de 2012.
- <http://www.restaurarcasa.com/reformas/humedades.php>. Consulta Febrero 05 de 2012.
- <Http://icc.ucv.cl/hormigon/1565.htm>. Consulta Julio 06 de 2011.
- <http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/12/02/historia-del-acero/>. Consulta Julio 09 de 2011.
- <Http://www.directindustry.es/prod/proceq/esclerometro-de-hormigon-7242-329872.html> <Http://es.wikipedia.org/wiki/escler%c3%b3metro>.
- <Http://www.dagasl.es/faq.htm>.
- <http://immerc.com.ve/docs/lacarbonatacion.html>.
- <http://es.scribd.com/doc/25134195/Evaluacion-de-Patologias-en-Estructuras-de-Concreto>.
- <http://www.construmatica.com/construpedia/Eflorescencias>.
- SEMINARIO EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS ESTRUCTURAS EN CONCRETO
Ing. HAROLD ALBERTO MUÑOZ M. Bogotá D.C., Noviembre 22 y 23 de 2001
Ing. Civil – Universidad Del Cauca Master of Science – University of Massachusetts
Ingeniería y Patología de Estructuras.
- Artículo- Estudios de Patología y Evaluación estructural de Edificios en General
Libro "Patología de la edificación. El lenguaje de las grietas" Edición II Octubre de 2001- Editado Escuela de la Edificación.-Arq. FRANCISCO SERRANO ALCUDIA.
- Artículo- "LAS CONDENSACIONES DE HUMEDAD EN LA CONSTRUCCIÓN"
Pablo Enrique Asqueta.

- Anexo No1 "CATÁLOGO DE PATOLOGÍAS EN CONCRETO Y MAMPOSTERÍAS ESTRUCTURALES"-GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES- Versión 1.0 Junio 5 de 2004.
- "Manual para la reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto"
Paulo Helene Fernanda Pereira-Editores.

20 ANEXOS

ANEXO No. 1 FORMATO EQUIPO USADO

Código	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
	EQUIPO DE SEGURIDAD	
ES 001	Casco	
ES 002	Gafas	
ES 003	Botas	
ES 004	Guantes	
ES 005	Protectores de oídos	
ES 006	Tapa-Bocas	
ES 007	Overol	
ES 008	Arnés	
ES 009	Cuerdas	
ES 010	Cono Reflectivo	
ES 011	Botiquín de Primeros Auxilios	
ES 012	Cinta de seguridad	
ES 013	Señalización preventiva	
	HERRAMIENTA BÁSICA	
HB 001	Martillo de Acero	
HB 002	Martillo de Goma	
HB 003	Cinzel	
HB 004	Maseta mano	
HB 005	Maseta de 4 libras	
HB 006	Flexómetro	
HB 007	Cinta Métrica	
HB 008	Calibrador vernier	
HB 009	Andamios Tubulares	
HB 010	Pica	
HB 011	Balde	
HB 012	Caneca	
HB 013	Carreta	
HB 014	Pala	
HB 015	Caja de Herramientas	
HB 016	Lupa	
HB 017	Medidor de grietas	
HB 018	Navaja o bisturí	

HB 019	Regla metálica	
HB 020	Plomada	
HB 021	Linterna	
HB 022	Manguera de Nivel	
	EQUIPO PARA REALIZAR ENSAYOS	
EE 001	Ferroescan	
EE 002	Esclerómetro	
EE 003	Fenolftaleína	
EE 004	Equipo para extracción de núcleos	
EE 005	Taladro	
EE 006	Martillo Roto percutor	
EE 007	Pulidora	
EE 008	Disco de corte de acero	
	OTROS EQUIPOS	
OE 001	Generador Eléctrico	
OE 002	Martillo Roto percutor	
OE 003	Extensión encauchetada (5m,10m,20m)	
OE 004	Escalera	
OE 005	Reflectores	
OE 006	Galón para combustible	
OE 007	Vehículo para transportar equipos	
OE 008	G.P.S	
OE 009	Parafina, bolsa y recipiente para depositar núcleos	
OE 010	Cepillo de cerda de acero	
OE 011	Cemento epóxico (Reparaciones)	

ANEXO No. 2 FORMATO INICIAL

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES FORMATO INICIAL																																													
INFORMACION CONSULTOR:																																													
Empresa: _____																																													
Nombre: _____	Cargo: _____																																												
Telefonos: _____	Otros datos: _____																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">INFORMACION DEL PROPIETARIO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Nombre Propietario</td> </tr> <tr> <td colspan="2">C.C.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Fecha</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Dirección</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ciudad</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Teléfonos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">INFORMACION GENERAL DE LA EDIFICACIÓN</td> </tr> <tr> <td>Área:</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>Frente:</td> <td>mts</td> </tr> <tr> <td>Fondo:</td> <td>mts</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Numero de Pisos:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Numero de Sótanos:</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Uso: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Residencial</div> <div>Fabril</div> <div>Comercial</div> <div>Salud</div> <div>Educativo</div> <div>Institucional:</div> <div>Otros:</div> </div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Información Disponible: Planos Arquitectónicos Planos Estructurales Memorias de Calculo Estudio de Suelos Licencia de Construcción Otros: </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Materiales Cubierta Muros Divisorios Muros de Fachada Acabados de Piso: Material Cielo Falso: </td> </tr> </table>	INFORMACION DEL PROPIETARIO		Nombre Propietario		C.C.		Fecha		Dirección		Ciudad		Teléfonos		INFORMACION GENERAL DE LA EDIFICACIÓN		Área:	m2	Frente:	mts	Fondo:	mts	Numero de Pisos:		Numero de Sótanos:		Uso: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Residencial</div> <div>Fabril</div> <div>Comercial</div> <div>Salud</div> <div>Educativo</div> <div>Institucional:</div> <div>Otros:</div> </div>		Información Disponible: Planos Arquitectónicos Planos Estructurales Memorias de Calculo Estudio de Suelos Licencia de Construcción Otros:		Materiales Cubierta Muros Divisorios Muros de Fachada Acabados de Piso: Material Cielo Falso:		<table border="1"> <tr> <td>Reparaciones estructurales anteriores:</td> </tr> <tr> <td>Responsable</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> </tr> <tr> <td> Irregularidades En planta En altura Otras: </td> </tr> <tr> <td>Sistema de entepiso</td> </tr> <tr> <td>Estado General de la Edificación</td> </tr> <tr> <td>Externo</td> </tr> <tr> <td> Riesgo de Colapso. Deflexiones. Desplomes. Asentamientos. </td> </tr> <tr> <td>Interno</td> </tr> <tr> <td> Riesgo de Colapso. Deflexiones. Desplomes. Asentamientos. </td> </tr> <tr> <td>Medidas de Seguridad a tomar</td> </tr> <tr> <td>Comentarios:</td> </tr> </table>	Reparaciones estructurales anteriores:	Responsable	Fecha	Irregularidades En planta En altura Otras:	Sistema de entepiso	Estado General de la Edificación	Externo	Riesgo de Colapso. Deflexiones. Desplomes. Asentamientos.	Interno	Riesgo de Colapso. Deflexiones. Desplomes. Asentamientos.	Medidas de Seguridad a tomar	Comentarios:
INFORMACION DEL PROPIETARIO																																													
Nombre Propietario																																													
C.C.																																													
Fecha																																													
Dirección																																													
Ciudad																																													
Teléfonos																																													
INFORMACION GENERAL DE LA EDIFICACIÓN																																													
Área:	m2																																												
Frente:	mts																																												
Fondo:	mts																																												
Numero de Pisos:																																													
Numero de Sótanos:																																													
Uso: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Residencial</div> <div>Fabril</div> <div>Comercial</div> <div>Salud</div> <div>Educativo</div> <div>Institucional:</div> <div>Otros:</div> </div>																																													
Información Disponible: Planos Arquitectónicos Planos Estructurales Memorias de Calculo Estudio de Suelos Licencia de Construcción Otros:																																													
Materiales Cubierta Muros Divisorios Muros de Fachada Acabados de Piso: Material Cielo Falso:																																													
Reparaciones estructurales anteriores:																																													
Responsable																																													
Fecha																																													
Irregularidades En planta En altura Otras:																																													
Sistema de entepiso																																													
Estado General de la Edificación																																													
Externo																																													
Riesgo de Colapso. Deflexiones. Desplomes. Asentamientos.																																													
Interno																																													
Riesgo de Colapso. Deflexiones. Desplomes. Asentamientos.																																													
Medidas de Seguridad a tomar																																													
Comentarios:																																													
Realizó: _____ c.c.	Recibido: _____ c.c.																																												

ANEXO No. 3

CUADRO DE REFERENCIA DE CONVENCIONES DE DAÑOS				
FISURAS				
ITEM	GRAFICO	TIPO DE DANO	DESCRIPCION	
F.1		FISURA	FINA	Menos de 1mm
F.2			MEDIA	Entre 1mm y 2mm
F.3			ANCHA	Mas de 2mm
DETERIOROS				
D.1		DESINTEGRACION	Es el desprendimiento de fragmentos de cualquier tamaño del elemento principal.	
D.2		DISTORCION	Es la deformacion irregular de una parte del elemento produciendo desprendimiento.	
D.3		EFLORECENCIA	Es la presencia de deposito de sales en los poros superficiales de los elementos.	
D.4		EXUDACION	Es la presencia de un liquido o material viscoso que brota de los poros, fisuras o grietas de los elementos.	
D.5		INCRUSTACIONES	Son capas de particulas que se forman en las supercicies de los elementos y tienen un aspecto de costras o pelliculas duras.	
D.6		PICADURAS	Pequeñas cavidades que se presentan debido a fenomenos o agentes externos, como deposito de particulas contaminantes por cavitacion, corrosion o desintegracion localizada.	
D.7		CRATERES	Son pedazos del elemento que se desprenden o se elevan como erupciones debido a presiones internas que se manifiestan superficialmente.	
D.8		ESCAMAS	Es el resquebrajamiento superficial por presiones internas o externas a los elementos debido a fallas en los procesos constructivos.	
D.9		ESTALACTITA	Son las formaciones de picos o conos invertidos por debajo de los elementos horizontales.	
D.10		ESTALAGMITA	Son las formaciones de picos o conos invertidos en la parte superior de los elementos horizontales.	
D.11		POLVO	Es el cumulo de particulas de polvo llevadas por el aire y que se depositan sobre los elementos causando decoloraciones o manchas e infiltraciones.	
D.12		CORROSION	Es el proceso de oxidacion acompanado de un proceso electroquimico al interior de los elementos.	
D.13		GOTERAS	Pueden ser producidas por infiltraciones de cubiertas, canales o fachadas.	

Anexo No. 4FORMATO AUSCULTACIÓN VISUAL

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE
CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES
AUSCULTACIÓN VISUAL

INFORMACION CONSULTOR:

Empresa:	Fecha:
Nombre:	Cargo:
Telefonos:	Otros datos:

Supervisor:

INFORMACION DEL PROPIETARIO
Nombre Propietario
C.C.
Fecha
Dirección
Ciudad
Teléfonos

Elemento a estudiar:

Columna	
Viga	
Losa	
LOCALIZACION	

Realizar limpieza general

Realizar limpieza con chorro a presión:

LEVANTAMIENTO GRAFICO:

VISTA 1

--

VISTA 2

--

CARACTERISTICAS:

TIPO DE DAÑO:	
REF. ITEM	NOMBRE:
DESCRIPCION:	

Realizó: _____
C.C.

Recibido: _____
C.C.

ANEXO No. 5. FORMATO ENSAYO DE FERROSCAN

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES
ENSAYO DE FERROSCAN

INFORMACION CONSULTOR:

Empresa: _____ Fecha: _____
Nombre: _____ Cargo: _____
Teléfonos: _____ Otros datos: _____

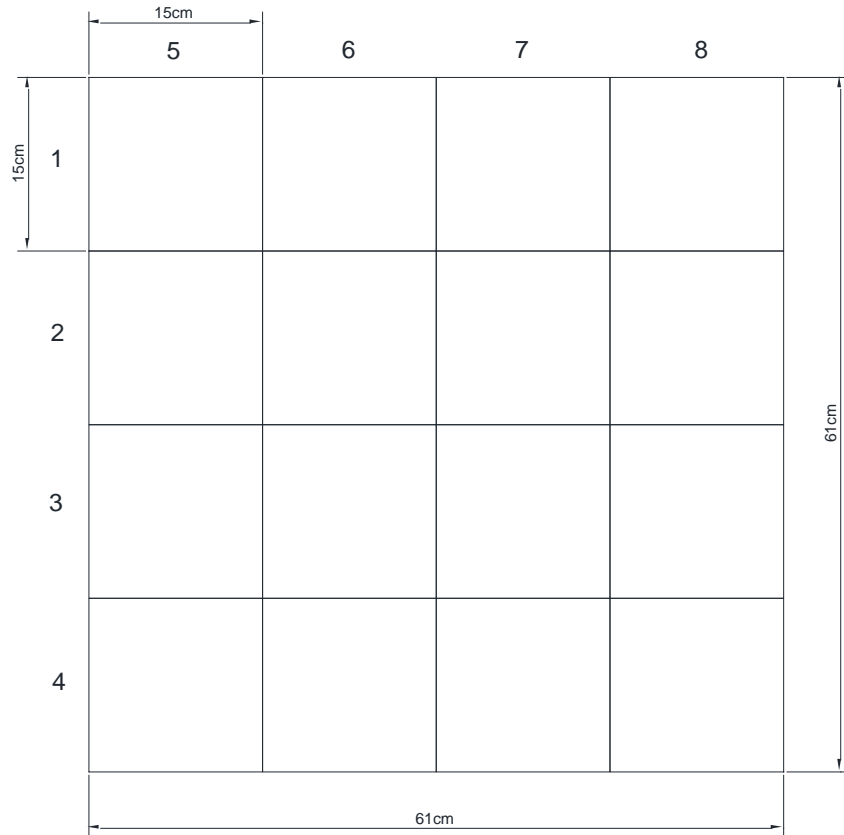
Supervisor:

INFORMACION DEL PROPIETARIO	
Nombre Propietario	
C.C.	
Fecha	
Dirección	
Ciudad	
Teléfonos	

Elemento a estudiar:	
Columna	
Viga	
Losa	
LOCALIZACION	

EQUIPO USADO: _____

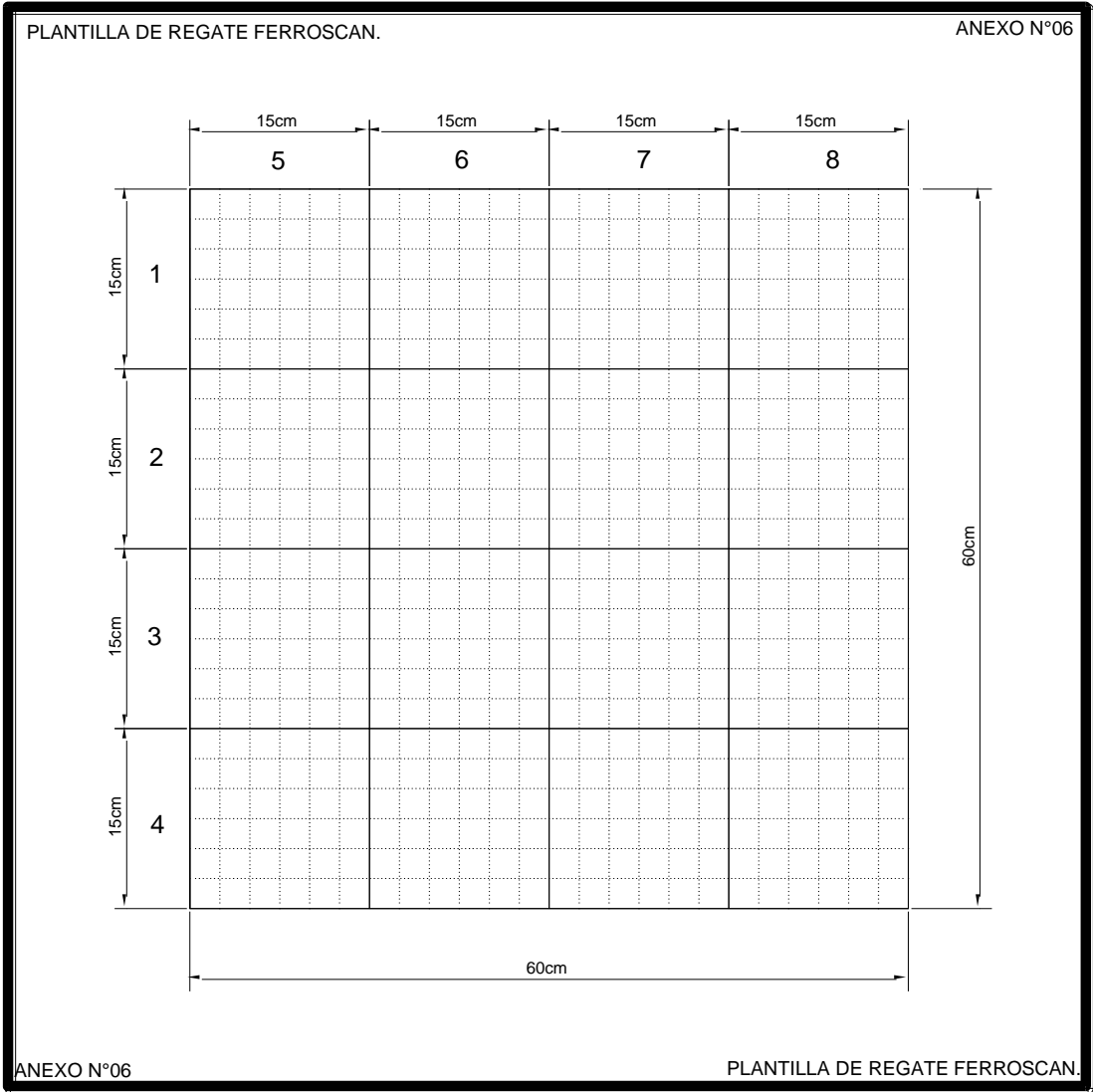
LEVANTAMIENTO ESCaneo N° _____



Realizó: _____
c.c.

Recibido: _____
c.c.

ANEXO No. 6 PLANTILLA DE REGATE FERROSCAN



ANEXO No. 7 DESCRIPCION ENSAYO DE FERROSCAN

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS
EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES
DESCRIPCION ENSAYO DE FERROSCAN**

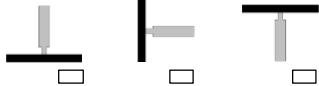
ENSAYO ESCANEEO N° ____

CUADRANTE	CANTIDAD	ESPESOR O DIAMETRO	OBSERVACIONES
1_5			
1_6			
1_7			
1_8			
2_5			
2_6			
2_7			
2_8			
3_5			
3_6			
3_7			
3_8			
4_5			
4_6			
4_7			
4_8			

Realizó: _____
c.c.

Recibido: _____
c.c.

ANEXO No 8. FORMATO

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES	
FORMATO ESCLEROMETRO	
INFORMACION CONSULTOR:	
Empresa: _____	Fecha: _____
Nombre: _____	Cargo: _____
Teléfonos: _____	Otros datos: _____
Supervisor: _____	
INFORMACION DEL PROPIETARIO	
Nombre Propietario _____	
C.C. _____	
Fecha _____	
Dirección _____	
Ciudad _____	
Teléfonos _____	
Recuerde: Esclerometro perfectamente perpendicular a la superficie. Revisar que no se evidencie agregados gruesos sobre la superficie en la que se realizara el ensayo. Elementos con dimensiones > 100 mm La superficie debe estar seca. Revisar Grafica o tablas propias del instrumento usado, para la interpretación de los valores.	
Elemento a estudiar: Columna <input type="checkbox"/> Viga <input type="checkbox"/> Losa <input type="checkbox"/> Localización: _____ Nivel de piso: _____ Se evidencia facilmente el acero de refuerzo. Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Realizar limpieza general Realizar limpieza con chorro a presión: <input type="checkbox"/>	
Ensayo 9 Impactos. ____ 16 Impactos. ____ Equipo _____ Usado: _____ Marca: _____ Referencia _____ Posición: _____	
	
INFORMACION OBTENIDA:	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <div style="width: 200px; height: 200px; border: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 0; left: 0; right: 0; bottom: 0; border: 1px solid black; margin: 2px;"></div> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">200 mm</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="width: 200px; height: 200px; border: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 0; left: 0; right: 0; bottom: 0; border: 1px solid black; margin: 2px;"></div> </div> <div style="width: 200px; height: 200px; border: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 0; left: 0; right: 0; bottom: 0; border: 1px solid black; margin: 2px;"></div> </div> </div> </div>	
Realizó: _____ c.c. _____	Recibido: _____ c.c. _____

[illegible]

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO EN EDIFICACIONES

EXTRACCION DE NÚCLEOS

INFORMACION CONSULTOR:

Empresa: _____ Fecha: _____
 Nombre: _____ Cargo: _____
 Telefonos: _____ Otros datos: _____
 Supervisor: _____

INFORMACION DEL PROPIETARIO

Nombre Propietario
C.C.
Fecha
Dirección
Ciudad
Teléfonos

Ensayo realizado:

Elemento a estudiar:

Columna
 Viga
 Losa

Localización:

Se evidencia facilmente el acero de refuerzo.

Si: _____ No: _____
 Realizar limpieza general
 Realizar limpieza con chorro a presión:

Equipo usado:

ID	Nombre	Calibrado		Fecha
		si	no	
1				__/__/__
2				__/__/__
3				__/__/__
4				__/__/__
5				__/__/__
6				__/__/__

Herramienta Usada:

ID	Nombre	Codigo
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Descripción de la prueba de extracción de núcleos:

No. de Núcleo	Longitud	Diametro	Fecha extracción	Observaciones
	cm	cm		
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	
			__/__/__	

Realizó: _____

c.c.

Recibió: _____

c.c.